Public Works Canada
Travaux publics Canada

Architectural and Engineering Services
Services d'architecture et de génie

Building Performance Evaluation Series

Acoustic Environment Evaluation

Document D08

Canada

89-01906/

Building Performance Evaluation Series

Acoustic Environment Evaluation

Document D08

AES 1-4:86-28

March 1988

The Minister of Public Works makes no representation or warranty, express or implied, with respect to this publication or the programs or information described in this publication, their quality, merchantability, or fitness for any particular purpose, or their adequacy to produce any particular result. In no event shall the Minister or Her Majesty the Queen in right of Canada, Her employees, servants or agents be legally liable to any person or persons for any damage, whether direct, indirect or consequential, resulting from the use of said publication or the programs or the information contained therein.

Published by Architectural and Engineering Services
Public Works Canada

Public Works Canada / Travaux publics Canada

DOCUMENT DATA

1. Document Title ACOUSTIC ENVIRONMENT EVALUATION	2. Control Number AES/SAG 1-4:86-28
	3. Date March 1988
4. Author(s) R. Hawley	5. Consultant's Ref. No.
6. Project Manager	7. Discipline Series No. DO8
8. Preparation Agency and Address Building Performance Division, Public Works Canada Room C-456, Sir Charles Tupper Building Riverside Drive, Ottawa, Ontario, K1A 0M2 Telephone: (613) 998-7830	9. Document Type Guideline
	10. No. of Pages 75
11. Sponsoring Agency and Address D.C. and R.T. Appropriated Programs Accommodation Branch	12. PWC File No. A4270-16
	13. PWC Project No. 602055
14. Supplementary Notes Questions and comments should be directed to the preparation agency, in 8 above.	15. SSC Publication No.
	16. ISBN

17. Abstract

The success or failure of an acoustical environment is related to the type of space and its use. As the type and use vary, so does the expected level of acoustical performance. This level may be comfort, as in the typical office, or the need for a safe environment, as in an industrial facility where the prevention of noise-induced hearing loss is of a paramount importance.

The comfort issues of architectural acoustics are discussed in terms of the five major attributes: ambient sound levels, sound propagation characteristics within the open office, reverberation time, transmission loss through partitions, and noise-induced hearing loss. The document breaks each area of investigation into three distinct stages. They range from the study of the building plans and archives to physical measurement with sophisticated acoustic instrumentation. It is possible to identify problematic conditions and examine their impact upon the occupants.

18. Distribution Statement Copies are available from: Documentation Centre Architectural & Engineering Services Public Works Canada Sir Charles Tupper Bldg., Riverside Dr. Ottawa, Ontario K1A 0M2	19. Keywords	
	20. Documentation Centre Catalogue No. BP DO8	21. Price

TABLE OF CONTENTS

	PREFACE	*xi*
1.	**INTRODUCTION**	*1*
1.1	Purpose and Objectives	*1*
1.2	Background Information	*2*
2.	**TERMS OF REFERENCE**	*6*
2.1	General Framework	*6*
2.2	Limitations of the Evaluation Technique	*7*
3.	**METHODOLOGY**	*8*
3.1	Ambient Sound	*8*
3.1.1	Stage I – Preliminary Assessment (Introduction)	*15*
3.1.1.1	Description of Techniques	*15*
3.1.1.2	Equipment	*16*
3.1.1.3	Detailed Procedure	*16*
3.1.1.4	Assessment	*23*
3.1.1.5	Resource Allocation and Timing	*23*
3.1.1.6	Documentation: Creation and Retention of Working Papers	*23*
3.1.2	Stage II – Simple Measurement Techniques	*24*
3.1.2.1	Description of Techniques	*24*
3.1.2.2	Equipment	*24*
3.1.2.3	Detailed Procedure	*25*
3.1.2.4	Assessment	*26*
3.1.2.5	Resource Allocation and Timing	*27*
3.1.2.6	Documentation: Creation and Retention of Working Papers	*28*
3.1.3	Stage III – Specialized In-Depth Monitoring	*28*
3.1.3.1	Description of Techniques	*28*
3.1.3.2	Equipment	*28*
3.1.3.3	Detailed Procedure	*29*
3.1.3.4	Assessment	*29*
3.1.3.5	Resource Allocation and Timing	*32*
3.1.3.6	Documentation: Creation and Retention of Working Papers	*32*
3.2	Sound Propagation in the Open Office	*32*
3.2.1	Stage I – Preliminary Assessment (Introduction)	*35*

3.2.2	Stage II – Simple Measurement Techniques	35
3.2.2.1	Description of Techniques	35
3.2.2.2	Equipment	37
3.2.2.3	Detailed Procedure	37
3.2.2.4	Assessment	38
3.2.2.5	Resource Allocation and Timing	42
3.2.2.6	Documentation: Creation and Retention of Working Papers	43
3.2.3	Stage III – Specialized In-Depth Monitoring – not applicable –	43
3.3	Reverberation Time	43
3.3.1	Stage I – Preliminary Assessment (Introduction)	43
3.3.1.1	Description of Techniques	43
3.3.1.2	Equipment – not applicable –	43
3.3.1.3	Detailed Procedure	43
3.3.1.4	Assessment	44
3.3.1.5	Resource Allocation and Timing	44
3.3.1.6	Documentation: Creation and Retention of Working Papers	44
3.3.2	Stage II – Simple Measurement Techniques	44
3.3.2.1	Description of Techniques	44
3.3.2.2	Equipment	44
3.3.2.3	Detailed Procedure	45
3.3.2.4	Assessment	45
3.3.2.5	Resource Allocation and Timing	45
3.3.2.6	Documentation: Creation and Retention of Working Papers	46
3.3.3	Stage III – Specialized In-Depth Monitoring – not applicable –	46
3.4	Transmission Loss Through Partitions	46
3.4.1	Stage I – Preliminary Assessment (Introduction)	50
3.4.1.1	Description of Techniques	50
3.4.1.2	Equipment – not applicable –	53
3.4.1.3	Detailed Procedure – not applicable –	53
3.4.1.4	Assessment	53
3.4.1.5	Resource Allocation and Timing	56
3.4.1.6	Documentation: Creation and Retention of Working Papers	56
3.4.2	Stage II – Simple Measurement Techniques	56
3.4.2.1	Description of Techniques	56
3.4.2.2	Equipment	57
3.4.2.3	Detailed Procedure	58
3.4.2.4	Assessment	59

3.4.2.5	Resource Allocation and Timing	59
3.4.2.6	Documentation: Creation and Retention of Working Papers	59
3.4.3	Stage III - Specialized In-Depth Monitoring - not applicable -	59
3.5	Noise-Induced Hearing Loss	59
3.5.1	Stage I - Preliminary Assessment (Introduction)	62
3.5.1.1	Description of Techniques	62
3.5.1.2	Equipment	62
3.5.1.3	Detailed Procedure	63
3.5.1.4	Assessment	63
3.5.1.5	Resource Allocation and Timing	63
3.5.1.6	Documentation: Creation and Retention of Working Papers	63
3.5.2	Stage II - Simple Measurement Techniques - not applicable -	63
3.5.3	Stage III - Specialized In-Depth Monitoring - not applicable -	63
4.	**REFERENCES**	64
5.	**APPENDICES**	66
5.1	Standard Terms and Units of Measurement	66
5.2	Governing Authorities and Regulation	70
5.3	Building Performance Evaluation Document List	75

LIST OF FIGURES

1.2.1	A-Weighting Curve Approximating the Typical Hearing Response	4
3.1.1	Plot of dB(A) Values Taken in an Open Office During a Workday	10
3.1.2	Noise Criterion (NC) Curves	12
3.1.3	Preferred Noise Criterion (PNC) Curves	13
3.1.4	Room Criteria (RC) Curves	24
3.1.5	Typical Ambient Sound Spectrum	37
3.1.6	Instrumentation Required for the Long Term Monitoring of Ambient Sound Levels	39
3.1.7	Typical Output From the Analytical Software Used in the Assessment of Ambient Sound Data Collected Over a Long Term	40
3.1.8	Histograms of Data Collected Over a One Week Period	41
3.2.1	Example of Data Used to Determine an Articulation Index	46
3.2.2	Sound Propagation Instrumentation	47
3.2.3	Examples of Sound Propagation Measurements in a Typical Office	49
3.2.4	Graph of Attenuation Bands Based on a Reference Being Taken at 0.5 Metre Away from the Source	52
3.3.1	Reverberation Time Decay Curves	55

3.4.1	Effects of Leaks Through a Partition	57
3.4.2	Common Partition Problems	58
3.4.3	Transmission Paths Between Rooms	59
3.4.4	Detail of a Partition for Consideration in the Stage I Analysis	62
3.4.5	Folding Partition in the Training Room	65
3.4.6	Block Diagram of the Equipment Configuration for the Assessment of Partition Performance	68

LIST OF TABLES

1.2.1	Relationship Between Changes in Sound Pressure Level and the Subjective Perception of Loudness	4
3.1.1	Sources of Ambient Sound	8
3.1.2	Effects of Unacceptable Levels of Ambient Noise	8
3.1.3	Examples of Ambient Sound Levels Being Influenced by Other Building Quality Issues	9
3.1.4	An Example of Ambient Sound Levels Affecting Other Building Quality Issues	9
3.1.5	Background Noise Levels for Various Environments	11
3.1.6	Common Evaluative Criteria for Mechanical System Sound Levels	11
3.1.7	Noise Criterion Values for Office Buildings	12
3.1.8	Preferred Noise Criterion (PNC) Values for Office Buildings	13
3.1.9	Room Criterion Design Goals	14
3.1.10	Equipment Used by the Building Performance Division During the Walkthrough Assessment of Ambient Noise	16
3.1.11	Documents Which may be Required for the Stage I Assessment of Ambient Sound Levels	16
3.1.12	Stage I Ambient Sound Data Obtained from the Architectural Drawings and Specifications	17
3.1.13	Stage I Ambient Sound Data Obtained from the Mechanical Drawings and Specifications	17
3.1.14	Stage I Ambient Sound Data Obtained from the Project Brief	17
3.1.15	Stage I Ambient Sound Data Obtained from the Archives - Central Files	18
3.1.16	Stage I Ambient Sound Data Obtained from the Archives - Previous Reports	18
3.1.17	Stage I Ambient Sound Data Obtained from the Archives - Consumption Data	18
3.1.18	Components of Ambient Noise to be Considered During a Walkthrough	21
3.1.19	Ambient Sound Measurements Commonly Made During a Walkthrough	21
3.1.20	Ambient Sound Components to be Considered During the Occupancy and Use Analysis (Source: Occupancy and Management)	22
3.1.21	Ambient Sound Components to be Considered During the Occupancy and Use Analysis (Source: Building Operator)	22
3.1.22	Ambient Sound Components to be Considered During the Occupancy and Use Analysis (Source: Special Facilities)	23
3.1.23	Ambient Sound Components to be Considered During the Occupancy and Use Analysis (Source: Building Security)	23
3.1.24	Advantages of Using a Digital Frequency Analyzer to Measure Ambient Sound Levels	24

3.1.25	Equipment Used by the Building Performance Division in the Stage II Assessment of Ambient Sound	25
3.1.26	Stage II Sound Masking System Considerations	26
3.1.27	Stage II Ambient Sound Source Considerations	26
3.1.28	Stage II Occupancy Adaptation Considerations	26
3.1.29	Transdisciplinary Components of Ambient Sound Considered During the Stage II Evaluation	26
3.1.30	Criteria for Evaluating Occupied Ambient Noise	27
3.1.31	Features of Long Term Monitoring of Ambient Sound Levels	28
3.1.32	Stage III Instrumentation used by the Building Performance Division for the Long Term Monitoring of Ambient Sound Levels	28
3.1.33	List of Calculated Values in the Analysis of Ambient Sound Levels Collected Over a Long Term	30
3.1.34	Multiple Spectra Analysis of Long Term Ambient Sound Data	30
3.2.1	Criteria to Achieve Speech Privacy in the Open Office	33
3.2.2	Summary of Speech Privacy and Communication Conditions	34
3.2.3	Factors Affecting Speech Privacy	34
3.2.4	Example of Articulation Index Calculation	36
3.2.5	Equipment used by the Building Performance Division in the Assessment of Sound Propagation in the Open Office	37
3.2.6	Factors to be Considered in the Evaluation of Sound Propagation	38
3.2.7	Evaluation Procedure for Sound Propagation	38
3.2.8	Tabulation of Sound Propagation Results	40
3.2.9	The Application of Articulation Indices to Evaluate the Speech Privacy and Communications Division in the Assessment of Reverberation Time	41
3.3.1	Equipment Used by the Building Performance Division for the Assessment of Reverberation Time	45
3.4.1	Factors to Consider in the Design and Construction of Partitions	46
3.4.2	Documents Required for the Stage I Evaluation of Partition Performance	50
3.4.3	Factors Pertaining to Partition Performance to be Considered in the Plan and Archive Review	51
3.4.4	Factors Pertaining to Partition Performance to be Considered During the Walkthrough	51
3.4.5	Equipment used by the Building Performance Division in the Assessment of Partition Performance	57
3.4.6	Stage II Procedure for the Assessment of Partition Performance	58
3.5.1	Effects of Exposure to Excessive Noise	60
3.5.2	Reduction in Excessive Noise Levels	60
3.5.3	Factors Affecting an Individual's Shift in Auditory Threshold	61
3.5.4	Exposure Limits to Excessive Noise as Defined by the Canada Labour Code	61
3.5.5	Documents Required for the Stage I Assessment of Noise Induced Hearing Loss	62
3.5.6	Equipment Used by the Building Performance Division in the Assessment of Noise Induced Hearing Loss	62

5.2.1	Performance Criteria for Building System Sound Levels (unoccupied): Typical Background Noise	71
5.2.2	Performance Criteria for Building System Sound Levels (unoccupied): Noise Criteria (NC)	71
5.2.3	Performance Criteria for Building System Sound Levels (unoccupied): Preferred Noise Criteria (PNC)	72
5.2.4	Performance Criteria for Building System Sound Levels (unoccupied): Room Criteria (RC)	72
5.2.5	Performance Criteria for the Prevention of Noise Induced Heating Loss	74

PREFACE

This is a Class D document, providing an overview of the most significant components which comprise aural quality.

The acoustical characteristics of a workspace contribute significantly to the overall quality of the built environment. These acoustical factors are often closely related to other building quality issues such as ventilation, air circulation, thermal comfort and lighting.

The success or failure of an acoustical environment is related to the type of space being examined and its utilization by the occupants. As the type of the space and its use varies, so does the expected level of acoustical performance. For example, a theatre, in which voice and music are present, will have much different acoustical requirements than that of an open or closed office. Furthermore, the expected level of acoustical performance may be comfort, as in the case of the typical office, versus the need for a safe environment as in the case of an industrial facility in which the prevention of noise-induced hearing loss is of paramount importance.

The comfort issues of architectural acoustics are discussed in terms of the major attributes which are: the ambient sound levels, the sound propagation or sound transmission in the open office, reverberation time and sound transmission through partitions. The health and safety considerations are dealt with in the section titled Noise-Induced Hearing Loss.

The effects of noise on people may range from mere annoyance to permanent loss of hearing. Because of the fluctuating, transient and dynamic nature of noise and the physiological and psychological differences among people, we don't all respond to noise in quite the same ways. Thus the task of selecting suitable criteria for evaluating background noise is not always straightforward. The section on ambient sound describes the data collection and analytical methods which could be used in assessing these values.

In the open office, a perceived lack of speech privacy often surfaces as a major occupant complaint. An analysis of the sound propagation characteristics, or how well sound is transmitted from one position to other positions in an open office may be implemented. It is desirable to introduce as much attenuation between workstations as possible to achieve optimum conversational privacy. The section "Sound Propagation in the Open Office" examines the evaluation of these characteristics. The results from these measurements can be applied to a rating system known as "Articulation Indices" in which an equivalent subjective response to speech privacy and speech communication is determined.

Normally within the "typical" open or closed office the reverberation time, or the "persistence of sound" is within an acceptable range. Excessive reverberation time will result in an overlapping or slurring of words. This condition renders speech unintelligible. Such conditions are described in greater detail in the main text.

Complaints are often raised regarding speech transmission through partition systems. Unless the partition system is properly designed and constructed, the resultant degree of sound attenuation may not be as great as anticipated or required. Design considerations and evaluative methods are presented.

The health and safety issue of noise-induced hearing loss is the ultimate acoustical concern. Fortunately, the presence of such levels are very rare within the typical office environments. However, special occupant equipment or large mechanical systems may be areas of concern. The legislated levels of noise exposure as well as the evaluative methods are highlighted in this section.

1. INTRODUCTION

1.1 PURPOSE AND OBJECTIVES

The purpose of this document is to provide information on the methods of data collection and analysis which the Building Performance Division of Public Works Canada uses in the assessment of architectural acoustics. Included in this document is discussion regarding five of the most prominent elements which may be quantified in a typical office milieu. These components are:

a) Ambient sound levels;
b) Sound propagation characteristics within the open office;
c) Reverberation time;
d) Transmission loss through partitions;
e) Noise-induced hearing loss.

Ambient sound level measurements are obtained in order to ascertain the acoustical emission of the building systems and to determine the sound levels generated by the occupants and their equipment. These measurements may also be taken in response to occupant complaints of distraction and annoyance.

Sound propagation measurements may be conducted in response to speech privacy concerns and also complaints of annoyance and distraction.

Measurement of reverberation would be made when complaints are received regarding excessive noise, excessive "echo" or unintelligibility of speech.

Transmission loss through partitions is calculated to ascertain the level of partition performance. This test is conducted in response to occupant complaints regarding speech privacy within an enclosed office.

To ascertain the potential for noise-induced hearing loss and the employee exposure levels, ambient noise levels are measured.

The document describes three stages of investigation which may be enlisted to characterize each of the above elements. Through various tests and measurements it is possible to identify the presence of problematic conditions and to examine their impact upon the occupants. The three stages of investigation range from the study of the building plans and archives to physical measurement with sophisticated acoustic instrumentation.

Several groups representing diverse backgrounds are usually involved in the evaluation of a building's overall performance. To properly assess the built environment it is essential to be aware that each of the seven quality thresholds (air, aural, building integrity, energy effectiveness, functional, thermal and visual) often interact with one another. Thus, corrective action in an area to alleviate one problem must ensure that a tertiary problem is not created in another area.

For example, consider the positive effects of installing free-standing privacy screens in an open office. The screens would define the occupants' own territory and they would

likely enjoy greater visual privacy and improved speech privacy. These improvements would probably result in greater overall satisfaction.

However, there may also be negative consequences that spill over into other areas. For instance the screens may:

a) Block light from windows or from ceiling luminaries;
b) Decrease the visual quality of the area if they are finished in distracting colours or patterns;
c) Affect air circulation patterns and make someone too cold or too warm;
d) Create a rabbit warren and make it difficult for visitors to find their way around;
e) Obstruct the view;
f) Be made of materials that release unpleasant odours.

Although an evaluation is generally restricted to the building quality issue at hand, such as acoustics, it is essential that interactions such as those illustrated above be considered. Such a process precludes action by one discipline that may have deleterious consequences in other more or less related areas.

1.2 BACKGROUND INFORMATION

The effects of noise on people may range from mere annoyance to temporary or permanent loss of hearing. Because of the fluctuating and transient nature of noise and the psychological differences among people, we don't all respond to noise in quite the same manner.

Sound is the result of rapid fluctuations in the air pressure caused by a vibrating object. Our hearing system converts these pressure variations into nerve impulses. The brain interprets these impulses into sound with varying information content.

The pitch or the frequency of the sound is determined by the rate of vibration. The frequency of a sound is defined as the number of vibrations in a given period of time. In acoustics, the unit of Hertz (Hz) denotes the number of cycles or vibrations per second. A very low frequency sound will be the result of a relatively slow rate of air pressure fluctuations. This sound will be perceived as a rumble. If the frequency was to be increased, the number of air fluctuations would also increase. The pitch of the sound would also become higher. If the frequency was sufficiently increased the sound would be perceived as a hiss or a whine.

Although we accept the fact that all people are different in many ways, we often, incorrectly, assume that we all hear and react to noise in the same way. Because of physiological differences in our auditory mechanisms, some people are able to hear certain sounds within the acoustic spectrum while others cannot. And because of psychological differences, we all react differently to noise: we are subtly, but uniquely influenced by our perception of its loudness and its ability to annoy us. This results in situations where, for example, noise from a video display terminal is an annoyance or painful to some while others are completely indifferent to it.

Our hearing ability, especially our sensitivity to high frequencies, deteriorates gradually with age. It can also change very rapidly with exposure to excessive noise levels or

because of physical damage. It is interesting to note that men usually lose their sensitivity to high frequencies earlier than women, a fact that should be taken into account when considering the results of any acoustical evaluation.

In this document, we use the word "sound" to describe an acoustical sensation that is more or less acceptable and "noise" to describe an acoustical stimulus that is not acceptable. We should also bear in mind that, "noise" is often the "sound" made by other people. This is especially true in the open office.

Sound is measured and expressed in terms of sound pressure levels (SPL). The unit of sound pressure level is the decibel or dB where:

$$SPL = 20 \log10 (P_1/P_0)$$

where: SPL = the sound pressure level, decibels (dB);
P_1 = the sound pressure, Pascals (Pa);
P_0 = a reference sound pressure of $2X10^{-5}$ Pascals, Pascals (Pa).

Caution is warranted when using decibels. As indicated in the formula above, a decibel is a logarithmic ratio. When describing sound pressure level (the sound which we hear) it is important to ensure that all decibel values bear the reference to $2X10^{-5}$ Pa.

In acoustics, the term "decibel" has another meaning. The Sound Power Level (Lw) is a measure of the acoustical power radiated by a source in all directions. The sound power level is considered as the absolute measure of the acoustical emission while the resultant sound pressure level is dependent upon several environmental factors. Sound power levels are also measured in units of decibels. In this type of measurement the reference value is 10^{-12} watts. The sound power level is defined as being:

$$Lw = 10 \log10(W_1/W_0)$$

where: Lw = the sound power level, decibels (dB);
W_1 = the power emitted, watts (W);
W_0 = the reference power level of 10^{-12} watts, watts (W).

A relatively small numerical change in decibel levels represents a significant change in magnitude. Consider two pieces of office equipment. If each unit was producing 60 dB, the resultant sound pressure level would be 63 dB when both units were operating. Subjectively, our auditory systems would require an increase of approximately 10 dB for one sound to be judged as being twice as loud as another.

Although the average human ear is a sensitive organ, our subjective response to noise does not follow precisely the laws of physics. Table 1.2.1 relates changes in sound pressure level (SPL) to the average person's perceptions of loudness:

Change in Sound Pressure Level (SPL) dB Re: $2x10^{-5}$ Pa	Perceived Change in Loudness
± 1 dB	Just discernible, requires close attention to notice change
± 3 dB	Noticeable
± 5 dB	Quite noticeable
± 10 dB	Twice as loud
± 20 dB	Fourfold change

Table 1.2.1 Relationship Between Changes in Sound Pressure Level and the Subjective Perception of Loudness

We do not respond to all frequencies in a uniform manner. At each end of the spectrum there are sounds outside of our audible range. As well, even within the auditory range our acuity or sensitivity to frequency varies. To approximate the frequency response of moderate sound levels by the typical auditory system a measurement system known as A-Weighting is often used. The A-weighted scale discriminates against frequencies below 500 Hz and above 10 kHz and is measured in units of dB(A). The normal hearing response is most sensitive in the range of 1 kHz to 5 kHz.

The diagram below illustrates the A-weighted response to sound.

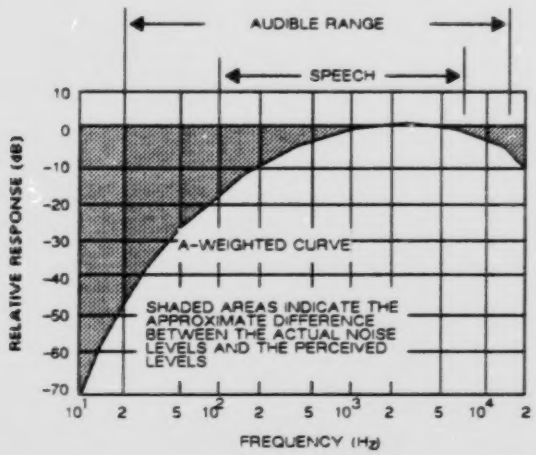


Figure 1.2.1 A-Weighted Curve Approximating the Typical Hearing Response

Acoustical sources are often distributed unevenly and yield sound pressure levels that are generally transient in nature. Sound pressure levels fluctuate with time and the spectra will vary in amplitude and duration.

Measurements of the overall quantity of sound may be made. This measurement will yield a single number value and may be expressed as a dB(linear) or a dB(A) value. A

dB(linear) value would express the total quantity of sound present (unfiltered) while a dB(A) measurement would express the quantity of sound perceived (filtered).

There are often considerable differences in these two values within a building. It is not uncommon for a significant degree of low frequency noise to be generated by a building's mechanical system. If the quantity of low frequency noise is sufficient, then the overall dB(linear) value may be significantly greater than the overall dB(A) value. Thus the perception of the sound may be considerably less than the physical quantity of sound present.

The measurement of the overall linear or A-weighted values describe the total quantity of sound present at the measurement location during the sample period. To assess the quality of sound it is necessary to examine its components. In architectural acoustics, sound may be broken into distinct bands of frequencies. The acoustical spectrum commonly examines the range from 1.6 Hz to 20000 Hz. This wide range of frequencies may be divided into octave or one-third octave bands. An octave band is a range of frequencies whose centre frequencies and bandwidth are defined in accordance with international standards. The centre frequencies of each consecutive octave band are double the centre frequency of the previous one and half the value of the succeeding octave. One-third octave follow the same concept and split each octave into 3 components. Octave and one-third octave bands are referred to by the centre frequency value. For example, the 500 Hz octave includes all frequencies between 354 and 707 Hz.

These values may be measured by using a portable sound level meter with an appropriate full octave or one-third octave filter set or by a digital frequency analyzer. The use of a sound level meter generally necessitates the separate measurement of individual octaves or one-third octaves whereas a frequency analyzer is capable of measuring all of the frequency bands during a single sample period.

2. TERMS OF REFERENCE

2.1 GENERAL FRAMEWORK

A building must provide safe and comfortable working conditions for the occupants. These requirements are attained through the building's systems, i.e. its enclosure, the interior, its mechanical, electrical and lighting services, its structure, the associated transportation system and the life support systems.

The design, construction and occupancy of a building are processes requiring input from several disciplines each of which works with specific information for a specified requirement. Complex interrelationships exist among the various disciplines and the design and construction industries have not always appreciated how a particular course of action may influence, directly or indirectly, other areas. Building incompatibilities may be the result of decisions being based on inadequate interdisciplinary knowledge during the design and construction phases.

The components of architectural acoustics both affect and are influenced by the other building performance attributes (air, energy effectiveness, functional, thermal, and visual quality).

The accompanying text breaks each area of investigation into 3 distinct stages. Stage I is the Preliminary Assessment. During this stage of investigation, three activities may take place. These activities would include a plan and archive review; a walkthrough of the building; and the solicitation of occupant responses and building management interviews.

Stage II refers to "Simple Instrumentation" techniques. In this stage the term "simple" refers to the operation and application of instrumentation and assessment package and not to the level of complexity within the instrumentation itself. Examples of activities which would be included within this stage are the use of a portable sound level meter to measure ambient sound levels or the use of a personal noise dose meter to monitor the level of exposure to excessive noise. The assessment procedures outlined in this stage may be implemented by regional personnel. It is acknowledged that training and instrumentation may have to be made available to each region in order to attain this goal.

Stage III is titled "Specialized Monitoring". In this stage data collection and analysis requires resources that would normally not be available within the region. In acoustics the specialized monitoring refers to the data collection over a much longer period of time such as a day, week or month versus a limited number of spot measurements. The acoustical output of a constant volume mechanical system would normally be very stable. As such, this type of sound could be measured using a Stage II approach. There would be a high degree of certainty that such a measurement would be representative of the acoustical emission under those particular operating conditions. However, the sound levels generated during the normal work day vary considerably in both the overall quantity as well as the spectral composition. When evaluating this type of condition a single measurement may not provide results which are typical or representative of the

acoustical characteristics over a long period of time (day, week, month, etc.). In such conditions the ambient noise levels should be monitored so that trend information may be obtained.

2.2 LIMITATIONS OF THE EVALUATION TECHNIQUE

Limitations for each of the evaluation techniques can be found in the text describing that particular technique.

3. METHODOLOGY

3.1 AMBIENT SOUND

Ambient sound may be defined as the composite value of airborne sound from all sources associated with a given environment. In an office setting the ambient sound level may be divided into three groups and identified by their respective sources. The sources of ambient sound are:

a)	Sources external to the building such as aircraft or traffic;
b)	Acoustical output of the building systems (mechanical, lighting, plumbing, and transportation;
c)	Occupant generated sounds such as speech, circulation and the operation of office equipment.

Table 3.1.1 Sources of Ambient Sound

An acceptable ambient sound level must be in accordance with the requirements of the task being performed. These requirements would typically vary throughout a multi-purpose building. For example, a waiting room would have different requirements than a business machine room containing computer printers.

Excessive noise exposure may result in either temporary or permanent hearing loss. The maximum levels of noise exposure permitted over an eight hour period varies between 85 and 90 dB(A). These values are defined in federal and provincial legislation. By reducing the exposure time, exposure to levels greater than 90 dB(A) is permitted. Fortunately, in the "typical" office environment, such levels are very seldom encountered. By comparison, speech at one metre from the speaker is generally in the range of 65 to 70 dB(A). The section "Noise-Induced Hearing Loss" describes the exposure to excessive noise in greater detail.

The issue within the office environment is normally comfort as opposed to health and safety. Although well within legislated levels, unacceptable ambient noise levels may result in deleterious effects such as:

a)	Reduction in speech commuications;
b)	Annoyance and distraction;
c)	Stress;
d)	Fatigue;
e)	Reduction in efficiency.

Table 3.1.2 Effects of Unacceptable Levels of Ambient Noise

Architectural acoustics both affect and are influenced by the other building quality issues. The following examples highlight these reactions:

The Influence of Other Quality Issues on Ambient Sound Levels

a) Noise from external sources such as aircraft, traffic or adjacent industry must be attenuated effectively by the building enclosure;

b) The transmission of impact noise through the floor to the space below must be attenuated by the building's structure;

c) The building's mechanical system will generally have a major influence on the ambient sound levels. The ambient sound levels may be expected to vary significantly if the system varies the flow of air or if the system turns on and off during normal operating hours as compared to a system which provides a constant flow of air at all times;

d) The location of the air distribution diffusers will also influence the ambient sound levels. If the diffusers are spaced very far from one another then the sources of the ambient sound may be very noticeable. This situation often leads to the presence of loud and quiet areas within a workspace. Such a situation should be avoided. If the spacing of the diffusers is lessened, and the flows through each diffuser is decreased, the resultant ambient sound level could be expected to be less than present as well as more uniform than in the first case.

e) The proximity of mechanical rooms to occupied office areas will also have a significant influence on the ambient sound levels. Often an excessive quantity of low frequency noise results from the mechanical equipment being located adjacent to occupied workstations. Proper noise control techniques are required to prevent this problem. Such solutions involve acoustical treatment of the noise source, treatment along the path of transmission or at the location of the receiver;

f) Occupant activities within a workspace will also influence the ambient sound levels. Noise generated by the occupants and their activities are often much greater in quantity than the ambient sound levels produced by the building systems.

Table 3.1.3 Examples of Ambient Sound Levels Being Influenced By Other Building Quality Issues

The Influence of Ambient Sound Levels on The Occupant Use of Space

The composite ambient sound level (building generated sounds, noise from external sources, and occupant generated noise) may be judged as satisfactory by some of the occupants and totally unacceptable by others. The individual response to sound as well as the requirements of the task being performed are major factors in the subjective evaluation. Noise sources within an office are often numerous and their acoustical emissions vary in quantity and frequency content.

Table 3.1.4 An Example of Ambient Sound Levels Affecting Other Building Quality Issues

The Measurement of Ambient Sound Levels

Ambient sound levels may be measured by using either a sound level meter or a digital frequency analyzer. Overall sound levels may be measured as either linear or A-weighted values. These measurements provide a single number value and can usually be read directly from the sound level meter or the frequency analyzer. The measurement of ambient sound levels is discussed in section 3.1.1.1 Description of Techniques.

Unfortunately, single number, overall values do not provide any information as to the components which make up the sound. Overall sound levels will also vary considerably during the course of a normal working day. A single spot measurement may not be representative of the long term characteristics. The diagram below illustrates the degree of change which can be expected in overall sound levels. The graph shows dB(A) values (one sample per minute) taken over a complete work day.

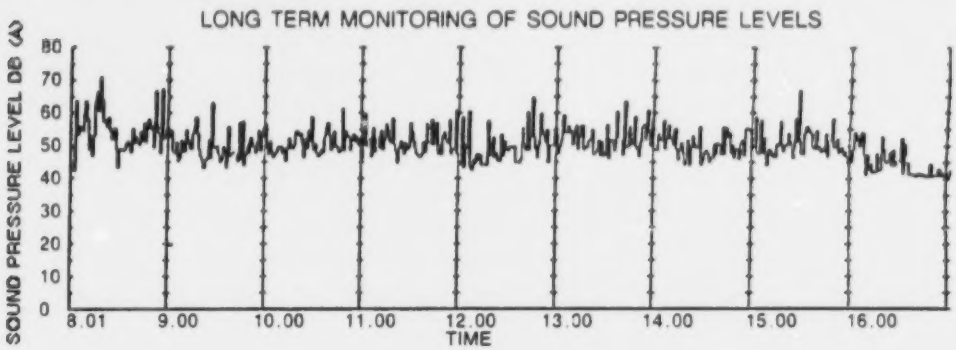


Figure 3.1.1 Plot of dB(A) Values Taken in an Open Office During a Workday

For an ambient sound level to be acceptable the following criteria must be met:

The sound level must be within an acceptable range in which it will provide a sufficient degree of masking (not too quiet) and yet not become a source of distraction and annoyance (too loud). Problems often occur when the ambient sound level is too low. Because the ambient level does not provide sufficient masking, conversations and other noise may be overheard in adjacent workstations. In such conditions, it is not uncommon for the occupants to describe the building as being noisy, when in fact, the opposite is true.

The overall level as well as the spectral composition must be relatively constant. The same mix of frequencies, at the same amplitude or level should be present over the entire workday. This parameter may be a problem for variable air volume mechanical systems since variations in the air flow will affect the acoustical output. Constant volume systems, which turn on and off are even a greater problem. In such a condition the difference in sound level may be very considerable between times when the system is on versus times in which the system is off.

There is a need for the sound level to be uniform throughout the workspace. In walking through the workspace there should not be any noticeable loud and quiet areas. The sound should be even throughout.

The ambient sound must be judged as being pleasing. To accomplish this, it is essential that the spectrum be free of any hiss, rumble or tone.

The following table summarizes the overall sound levels in dB(A) which may be found in various space utilizations.

ENVIRONMENT	TYPICAL BACKGROUND NOISE Level	Perception
Professional/clerical (no machines)	35 dB(A)	Very quiet
Professional/clerical (some machines)	40 dB(A)	Quiet
Small drawing office	40 dB(A)	Quiet
Clerical and numerous machines	45 dB(A)	Acceptable
Large clerical and numerous machines	50 dB(A)	Noisy

Table 3.1.5 Background Noise Levels for Various Environments

In the assessment of ambient sound levels, it is important to examine the acoustical components (spectral composition). The use of dB(A) is not recommended for design guidelines since it does not give this spectral composition. There are three common ways of assessing ambient sound levels which were designed for the evaluation of the sound output from mechanical systems. These criteria are:

a)	Noise Criteria (NC) values;
b)	Perceived Noise Criteria (PNC) values;
c)	Room Criteria (RC) values.

Table 3.1.6 Common Evaluative Criteria for Mechanical System Sound Levels

Noise Criteria (NC) values, Preferred Noise Criteria (PNC) values, and Room Criteria (RC) values are derived by comparing the measured sound spectrum to a family of curves. An advantage to using such curves is that sound levels must be measured in one-third or full octaves of frequency. This thereby delineates the frequency band and identifies the major characteristics of the sound source.

Noise Criteria Curves

Noise Criteria (NC) curves were developed to describe the way in which specific background sounds interferes with speech. The curves (Figure 3.1.2) specify the maximum permissible octave band sound pressure level corresponding to a chosen Noise Criterion design goal. They also define the limits which the octave band noise spectrum must not exceed if a given level of acceptance by the occupants is to be achieved. Since most of the building's background sound, void of any occupants, is generated by the movement of air through the diffusers, these values are usually included in the building's mechanical specifications (Division 15). An exception to this rule is found in buildings in which an audio or sound masking system is installed.

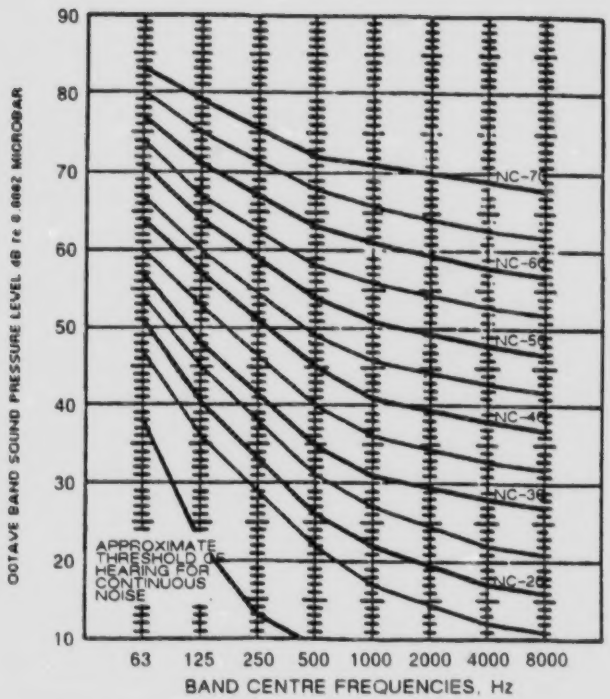


Figure 3.1.2 Noise Criterion (NC) Curves
Reference: ASHRAE 1980 Systems Volume, Chapter 35, "Sound and Vibration Control", pg. 35, Figure 19)

The NC value of a spectrum is defined as the lowest curve value not exceeded by any octave value.

Table 3.1.7, below, is a summary of Noise Criteria values for office buildings. These values are based upon the Canadian Building Digests (National Research Council) numbers 41 and 51 and data from the American Society for Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers (ASHRAE).

MAXIMUM NC VALUE	APPLICATION
25 - 30	executive offices; small conference rooms; communications up to 6 metres with slightly raised speech; conference rooms for up to 50 people, communication with raised speech.
30 - 35	small private or semi-private offices - communications up to 3 metres with normal speech; conference room for 15 people - communications with raised speech.
35 - 45	general open offices; drafting rooms; speech at 1.8 metres; telephone use; limited machine noise; communication with normal speech.
40 - 50	halls and corridors; typing pools; light office equipment; itermittent communications 1 to 2 metres with slightly raised speech; business machine room; some communication with raised voice at 1 to 2 metres.

Table 3.1.7 Noise Criterion Values for Office Buildings

Preferred Noise Criteria (PNC) Curves

Preferred Noise Criteria (PNC) curves were based on the original NC curves. PNC curves extend to frequencies lower than NC curves. Both the low and the high frequency ends of the curves are lower than the NC curves.

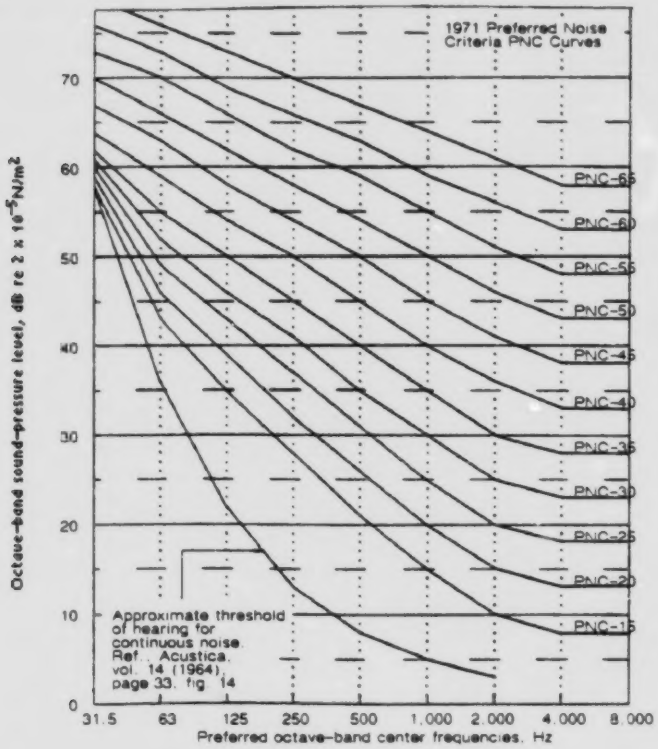


Figure 3.1.3 Preferred Noise Criteria (PNC) Curves
Reference: Beranek, L.L. Noise and Vibration Control, 1971, pg. 567.

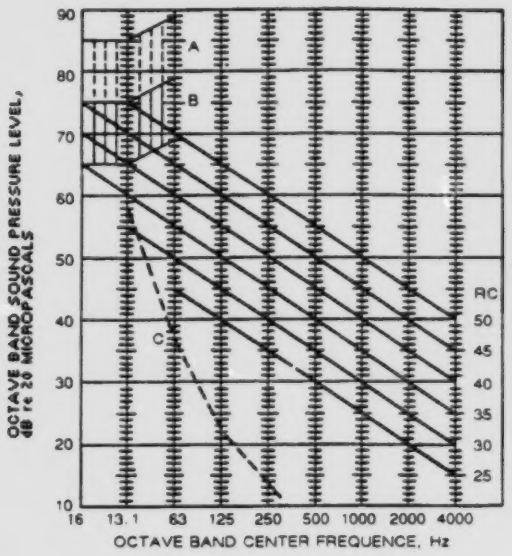
Table 3.1.8, below, is a summary of Perceived Noise Criteria values for Office Buildings.

PNC VALUE	APPLICATION
less than 35	Large meeting and conference rooms for 50 people in which voice amplification is present.
30 - 40	Private or semi-private offices, small conference rooms, libraries.
35 - 45	Open office and reception areas.
45 - 55	Computer and business equipment rooms.
40 - 50	Lobbies and corridors.

Table 3.1.8 Preferred Noise Criteria (PNC) Values for Office Buildings
Reference: Beranek, L.L. Noise and Vibration Control, 1971.

Room Criteria (RC) Curves

Room Criteria Curves may also be used for establishing design goals for mechanical systems. An RC Curve is intended to approximate a well balanced spectrum which would be perceived by the occupants as being bland. If RC curves are used as performance criteria, the spectrum should match the design curve as closely as possible. A rumble is likely to be perceived if the ambient spectrum exceeds the design curve by more than 5 dB in the octave bands less than 250 Hz. If the ambient spectrum exceeds the 2 kHz and the 4 kHz values, the spectrum will be perceived as hissy.



Region A: High probability that noise-induced vibration levels in lightweight wall and ceiling construction will be clearly feelable; anticipate rattles in light fixtures, doors, windows, etc.

Region B: Noise-induced vibration levels in lightweight wall and ceiling constructions may be moderately feelable; slight possibility of rattles in light fixtures, doors, windows, etc.

Region C: Below threshold of hearing for continuous noise.

Figure 3.1.4 Room Criteria (RC) Curves
Reference: ASHRAE 1985 Fundamentals, pg. 7.10.

The table below summaries various RC design goals which may be used for mechanical systems. These values are for unoccupied spaces with all systems running.

TYPE OF AREA	RECOMMENDED RC RANGE
Executive offices	25 - 30
Conference rooms	25 - 30
Private offices	30 - 35
Open-plan offices	35 - 40
Computer/business machines	40 - 45
Public circulation	40 - 45

Table 3.1.9 Room Criteria Design Goals
Reference: ASHRAE 1980 Systems Volume, pg. 35.16.

In addition to the use of dB(A), NC, PNC or RC values in the assessment of ambient sound levels, a check should be made to ensure that the spectrum is free of any tones. A tone may be defined as an octave or one-third octave which exceeds the octave or one-third octave on both sides of it by more than 10 dB. Depending upon the frequency, the tone may become very noticeable and form a source of annoyance. Whenever possible tones should be eliminated.

The above criteria pertain to ambient sound levels within the building exclusive of any acoustical emission originating from the occupants, their activities or their office equipment. Whereas sound levels from the building's mechanical system may be very constant, the sound levels produced by the occupants are often very dynamic and transient. The levels produced by the occupants are often far in excess of the levels produced by the building's systems.

Occupant generated sound may either be acceptable or annoying depending upon the nature of the task at hand as well as the individuals perception and reaction to noise at that given time.

In assessing sound levels during normal working hours, it is important to ensure that the conditions at the time of the measurement are typical or representative of the normal long-term condition. Unfortunately there are very few evaluative criteria which are available for the assessment of noise levels during normal working hours.

3.1.1 Stage I - Preliminary Assessment (Introduction)

The first stage or level of investigation involves 3 activities which may be incorporated collectively or individually. These activities are a plan and archive review; a walkthrough of the workspace, floor, or building; and the solicitation of occupant responses and building management interviews.

This stage may often be used as a preparatory or introductory exercise to become familiar with the specific problem so that a detailed scope of work may be developed.

3.1.1.1 Description of Techniques

Each of the three activities within the Stage I investigation must be tailored to meet the specific requirements of the evaluation. The plan and archive review often occurs in advance of visiting the building. This activity is often used as a means of becoming familiar with the building and the specific problem so that a scope of work may be more clearly defined.

The response from occupants and their management is often useful in further clarifying the nature of the problem. Often the symptom is raised as the problem issue versus the cause of the problem. The feedback required from the occupants would vary depending upon the specific nature of the problem. In some cases a more detailed survey of the occupants is required. In such cases it is recommended that the Class D document Questionnaires be consulted.

A walkthrough provides information pertaining to the use and operation of the workspace. During the walkthrough a portable sound level meter with an appropriate

one-third or full octave filter set may be used. Sample measurements are normally taken to provide insight into the ambient sound levels.

3.1.1.2 Equipment

The only equipment required for the walkthrough is a sound level meter with an appropriate one-third or full octave filter set. The sound level meter shall conform to ANSI S1.4. Filters shall conform to ANSI S1.6. It is important that the accuracy of the instrument is known and that the calibration of the instrument is conducted before and after any measurements.

Building Performance Division of Public Works Canada uses two sound level meters:
a) Bruel and Kjaer Type 2209 with a Type 1616 one-third octave filter set; b) Bruel and Kjaer Type 2231 with a Type 1625 one-third and full octave filter set.
For calibration, 2 reference sources are used:
a) Bruel and Kjaer 4220 pistonphone; b) Bruel and Kjaer 4230 calibrator.

Table 3.1.10 Equipment Used by the Building Performance Division During the Walkthrough Assessment of Ambient Noise

3.1.1.3 Detailed Procedure

Plan and Archive Review

During a Stage I investigation, the most current version of all pertinent building documents including addenda should be reviewed. The following documents may be required for an extensive Stage I analysis of ambient noise:

a) Architectural drawings and specifications; b) Mechanical drawings and specifications; c) Project brief; d) Tenant fit-up and layout drawings; e) Central file records of the building; f) Any previous reports pertaining to noise within the building; g) Any records of complaint regarding noise within the building; h) Architectural program for the tenant outlining their tasks and requirements; i) Maintenance schedules and records.

Table 3.1.11 Documents Which may be Required for the Stage I Assessment of Ambient Sound Levels

The need for all of the above records depends upon the reasons for the evaluation.

From a review of these documents the following information may be collected:

Source: The Architectural Drawings and Specifications (base building and tenant fit-up)
a) Determine if the building can adapt to the tenant requirements;
b) Establish 3-dimensional visualizations of the assembly methods, for example partition construction particularly at intersecting joints;
c) Establish the feasibility of constructing the details;
d) Study the way in which the interior has been divided, i.e. small open spaces, large open spaces, small floor areas, etc.;
e) Special construction features such as large interior fountains;
f) List types and number of clients' requirements and amenities such as cafeteria or computer rooms;
g) Determine if the specified performance criteria are in compliance with current codes and standards;
h) Determine if significant changes have been made to the building and if the records have been updated.

Table 3.1.12 Stage I Ambient Sound Data Obtained from the Architectural Drawings and Specifications

Source: The Mechanical Drawings, Specifications
a) Establish the location of the mechanical systems' supplies and returns;
b) Review the performance criteria of the building and its systems in relation to applicable standards of practice;
c) If required, prepare a general description of the mechanical system including the type of system and equipment;
d) If required, prepare diagrams of the zones served by the mechanical systems including conditioned and unconditioned areas and the plenum.

Table 3.1.13 Stage I Ambient Sound Data Obtained from the Mechanical Drawings and Specifications

Source: The Project Brief
a) Description of the original clients' activities within the building;
b) Number of people expected and the scheduling of the population;
c) Client equipment originally planned;
d) Building services;
e) Types of spaces originally required;
f) Design standards governing the base building design;
g) Design performance criteria;
h) Special equipment requirements;
i) Special furniture requirements;
j) Anticipated rate of change in the client's functions.

Table 3.1.14 Stage I Ambient Sound Data Obtained from the Project Brief

Source: The Archives - Central Files
a) Problems that become apparent during the design, construction and post-occupancy periods; b) Justification and rationale for changes to the building; c) Cyclical changes in the type and occurrence of complaints.

Table 3.1.15 Stage I Ambient Sound Data Obtained from the Archives - Central Files

Source: The Archives - Previous Reports
a) The kind of problems that have been encountered in the building; b) A list of any recommendations made to solve the problems; c) Comments of effectiveness of recommendation if implemented.

Table 3.1.16 Stage I Ambient Sound Data Obtained from the Archives - Previous Reports

Source: The Archives - Consumption Documentation
a) Comments on the most effective way to reduce energy costs. A reduction or an increase in air flow could influence the sound levels produced by the mechanical system.

Table 3.1.17 Stage I Ambient Sound Data Obtained from the Archives - Consumption Data

Example of a Stage I Plan and Archive Review:

An acoustical evaluation was recently conducted by the Building Performance Division in which the building's architectural and mechanical specifications were reviewed. These were the only project documents available. The review revealed that the construction specifications were incomplete.

The following excerpts are taken from the two section of the specifications that dealt with ambient sound levels.

MECHANICAL SPECIFICATIONS:

Section 15160 (Vibration Isolation)

1.2.1 Provide sound and vibration control devices as herein specified, shown or indicated on the drawings.

1.2.2 Isolate all mechanical equipment to maintain acceptable noise (NC) levels in occupied areas.

1.2.3 Noise level criteria is ... (no other information was available in this clause of the specification, nor in any subsequent addendum).

1.2.4 Use one supplier who shall be responsible for all sound and vibration control materials and who shall provide field supervision and assistance, at no additional cost, when requested by the installer.

1.2.5 Witness sound testing done under Section 15990.

Section 15990 (Balancing)

2.4.1.1 Diagram of description of relationship of sound source to measuring instrument.

2.4.2 'A' scale reading, read at each specified octave band frequency.

2.4.3 Graph showing relationship between sound pressure levels specified and recorded readings.

3.3.1 Take 'A' scale readings at each octave band over full audio frequency in specified locations.

3.3.2 Subsequent to any acoustical correctional construction work, make all necessary measurements to verify that balance of air and water was not disrupted and that all disruption has been rectified.

3.3.3 Certified report shall record all final sound readings and their locations.

Project Brief

The project brief stated that the HVAC noise must be excluded from the training rooms and that fan and air noise from adjacent rooms must be minimal. Ceilings, walls, floors, and doors must bear acoustics in mind.

Conclusions:

It is apparent that more information should have been made available by the consultants at the time of construction. The specification itself should have been complete.

An improved means of archive storage and retrieval of building documents would also be of great benefit.

The reports required in sections 15160 and 15990 were not available at the time that the evaluation was undertaken.

The following constraints resulted because the specifications were incomplete and the commissioning documents were not available:

a) There are not specified levels of performance for the ambient noise produced by the mechanical systems;
b) The performance of the building systems, when they were commissioned, are not known;
c) Although the performance of the systems may be assessed at the time of the field measurements, a comparison can not be made between the present performance and the original performance.

The Building Walkthrough

During the walkthrough several factors are observed and noted. These observations include the comparison of the "as-built" documents with the "as-is" conditions; the

types of spaces being examined; the occupants' utilization of the space; existing and potential problem areas and thermal, visual and aural conditions which produce an unacceptable environment.

A walkthrough normally consists of a "guided tour" through the building either by Public Works Canada personnel or by a representative from the client's accommodation services. The walkthrough, conducted during normal working hours, provides information on how the occupants are using each discrete space.

During the walkthrough it is important to visit all areas in the building. As well as the occupied areas, the walkthrough includes unoccupied or intermittently occupied areas such as storage rooms, machine rooms, loading docks, and parking garages.

Care must be taken to ensure that the conditions under which the observations are made are representative. The effects of seasonal conditions must also be taken into account whenever necessary. The extensive use of photographs is very useful.

The objective of the walkthrough is to gather information on the following:

a) Instances where noise is a hindrance to safety;
b) Presence or requirements for warning signs or supplementary signal devices;
c) Workstations orientations, grouping of activities, types of office equipment, equipment location, degree of isolation of equipment;
d) The amount, location of open floor plans versus closed offices;
e) The presence of unused or underutilized areas;
f) Space use relationships;
g) Occupant furnishings;
h) Large pieces of equipment such as photocopiers, computers, paper shredders, kitchen equipment;
i) Special requirements for each discrete space or task;
j) Population densities and scheduling requirements;
k) Policy, requirements and schedules during unoccupied hours;
l) Degree to which building services such as cafeterias and washrooms are used;
m) Number and type of equipment and its operating schedules;
n) Is the building in good repair, (general housekeeping levels and maintenance);
o) An indication of the number of screens used;
p) Screen density, height, colour, distance to floor;
q) Height of partitions;
r) Construction of partitions;
s) Penetrations of partitions;
t) Major changes to the building, such as wall or window retrofit or delamping;
u) Type, use, condition of window coverings;
v) Distractions and interactions caused by office equipment, adjacent workstations, groups and cleaning activities;
w) Quantity of telephone use;
x) Noise from each building system (mechanical, lighting, transportation, etc.);

y)	Loose or rattling building components such as ceiling grid or lighting luminaries;
z)	Subjective expression of speech privacy;
aa)	The presence of a sound masking system or an audio system;
bb)	The configuration of the mechanical system and characteristics of subsystems such as perimeter and interior, VAV, constant volume;
cc)	The type, location and performance of diffusers;
dd)	Overall building temperature and humidity – if problems are encountered in this area, occupant sensitivity may be heightened so that otherwise acceptable acoustical conditions become a source of complaint.

Table 3.1.18 Components of Ambient Noise to be Considered During a Walkthrough

Measurements made during the walkthrough may consist of:	
a)	Overall linear and A-weighted values;
b)	Octave or one-third octave values.

Table 3.1.19 Ambient Sound Measurements Commonly Made During a Walkthrough

Occupancy and Use Analysis

This section of the evaluation collects specific information on the users' attitudes, perceptions and behaviour. This activity is helpful in understanding the nature of the interactions between the building, the users and their activities.

Because both general and specific problems are investigated at this stage and because each building has it own set of time and cost constraints, evaluation techniques may vary from building to building. It is, however, often necessary to use more than one method to collect information to minimize the bias inherent in any particular method.

A detailed investigation may incorporate plan annotation, observation, focused interviews and questionnaires.

A detailed description of each of these techniques is found in the Class D documents of the same title.

The following tables summarizes the ambient noise issues which may be considered during the occupancy and use analysis:

Source: Occupancy and Management	
a)	Information on client activities and requirements;
b)	Drawings indicating the spatial layout of areas, description of the functions within the areas;
c)	Population count and distribution throughout the entire building;
d)	Changes in occupancy density or profile during the day or during shifts;
e)	Workstation orientation;
f)	Types of office equipment present;
g)	Location and degree of isolation of office equipment;
h)	Vibration and degree of acoustical isolation on individual equipment;
i)	Telephone use;
j)	Background noise;
k)	Noise from office equipment;
l)	Other noise within the building;
m)	Noise from outside of the building;
n)	Noise levels during the day;
o)	Noise that interferes with safety;
p)	Do occupants experience ringing in the ears (tinnitus) which may be a warning symptom that they have had excessive exposure to noise;
q)	Use of fans and other air moving devices;
r)	Distractions and interruptions from the building systems;
s)	Distractions caused by the lighting systems;
t)	Distractions caused by the air supply;
u)	Distractions caused by circulation spaces such as corridors;
v)	Distraction caused by people talking at nearby desks;
w)	Future intended use or requirements for the building.

Table 3.1.20 Ambient Sound Components to be Considered during the Occupancy and Use Analysis (Source: Occupancy and Management)

Source: Building Operators	
a)	Occupant use - when do occupants arrive, leave and what do they do; - when are mechanical systems or any other special systems turned on.
b)	Occupant requirements – any special conditions?;
c)	Problems with the building in the past - any improvements or modifications which could have an influence on the ambient sound levels.
d)	History of the building: - when constructed – what criteria was present during the original building design and construction; - when were changes made and what were these changes – items such as new building systems or methods of operation which could affect the ambient noise; - has client activities or requirements changed; - what problems were encountered with the building and how were they solved.

Table 3.1.21 Ambient Sound Components to be Considered during the Occupancy and Use Analysis (Source: Building Operator)

Source: Special Facilities
a) Hours of operation and population profile; b) Shut down procedures and schedules for equipment.

Table 3.1.22 Ambient Sound Components to be Considered during the Occupancy and Use Analysis (Source: Special Facilities)

Source: Building Security
a) The number and the location of people who remain in the building beyond normal working hours; b) The control and schedule of lighting, heating and ventilation requirements; c) Schedules for cleaning services.

Table 3.1.23 Components of Ambient Noise to be Considered During the Occupancy and Use Analysis (Source: Building Security)

3.1.1.4 Assessment

The findings from the plan and archive review, the occupant response and the walkthrough may be sufficient to resolve the problem issue. The overall A-weighted and linear values are compared with the levels for typical office environments as found in Table 3.1.5.

3.1.1.5 Resource Allocation and Timing

The following time intervals may be considered as a guide in conducting a Stage I investigation. These values are based on a building floor area of approximately 10000 m².

Plan and Archive Review:

3 person days after receipt of all pertinent materials.

Walkthrough:

4 person days

Occupancy Response and Management Interviews:

2 person days. Note: This activity would involve only those activities required to assess the nature of any acoustical problems. For information concerning large scale questionnaires please refer to the Class D document "Questionnaires".

The above values are approximate figures which should be used for estimating purposes only. The exact time requirements will depend upon the specific problem issue. Additional expenditures such as travel costs can only be determined when specific project information is available. The analysis of other acoustical criteria in conjunction with the Stage I analysis of ambient sound levels could ultimately reduce the total time requirements.

3.1.1.6 Documentation: Creation and Retention of Working Papers

The findings and observations of this stage are recorded in a log book. Client documentation is normally provided in the form of a project memo.

3.1.2 Stage II – Simple Measurement Techniques

The second stage of investigation is simple instrumentation. The term "simple" refers to the operation and application of the instrumentation and assessment package not to the level of complexity within the instrumentation itself.

3.1.2.1 Description of Techniques

This stage of investigation includes the collection of spot ambient sound measurements. The number of measurement samples may be numerous. The major concern in this stage is the degree to which the data is representative or typical. In situations where the ambient sound levels from the mechanical system are being evaluated, spot measurements are often used. Spot measurements would normally be considered to be representative for the operational attributes of constant volume mechanical systems. Caution must be used when assessing the sound levels from variable air volume systems since the rate of flow through the diffusers will influence the acoustical generation.

For the evaluation of ambient noise levels during occupied office hours, a greater number of spot measurements must be made to ensure that the data represents the wide range of levels that are present during normal conditions. An alternate method of assessing these sound levels would be through the use of a long term monitoring system such as discussed in section 3.1.3.

3.1.2.2 Equipment

Two types of equipment may be used in this stage of evaluation. A sound level meter and filter set as discussed in section 3.1.1.2 may be used. In using a sound level meter it is normally necessary to measure each discrete octave or one-third octave band individually. A digital frequency analyzer may also be used for the collection of ambient noise data.

A digital frequency analyzer is less portable than a sound level meter but it offers some major advantages such as:

a)	The spectrum values are collected for all one-third or full octave at the same time. This eliminates the need for individual octave or one-third octave measurement;
b)	The analyzer can be set to record sound pressure levels averaged over a preset period of time. This simplifies the measurement considerably and increases the degree of accuracy of the data. The result of the analyzer is an averaged value for the sample period. The use of a sound level meter would normally require some interpolation by the operator to ascertain the average sound pressure level;
c)	Analyzers are generally more easily interfaced to external devices such as controllers, computers, or storage media;
d)	Some analyzers offer built in storage and analysis capabilities.

Table 3.1.24 Advantages of Using a Digital Frequency Analyzer to Measure Ambient Sound Levels

The Building Performance Division of Public Works Canada use the following Bruel and Kjaer equipment in this stage of investigation:

a)	Type 2209 sound level meter with Type 1616 one-third octave filter set;
b)	Type 2231 sound level meter with Type 1625 one-third and full octave filter set;
c)	Type 2131 digital frequency analyzer;
d)	Type 3923 rotating microphone boom.
For calibration the following references are used:	
a)	Type 4220 pistonphone;
b)	Type 4230 calibrator.

Table 3.1.25 Equipment Used by the Building Performance Division in the Stage II Assessment of Ambient Sound

3.1.2.3 Detailed Procedure

In the measurement of ambient sound levels a number of factors should be taken into account. The accuracy of the instrument must be known and this value should be taken into consideration when assessing any field data. To ensure that the instrument has not drifted out of calibration during a set of measurements, calibration should be conducted both before and after any data collection.

The operation of any instrumentation should be in accordance with the manufacturer's recommended procedures.

In the measurement of ambient sound levels, the sample location may be determined on a grid basis if the building is unfurnished, or at representative workstations if the building is furnished. The microphone height may be selected as 1.1 metres above the floor for measurements at seated head height or at 1.6 metres for measurements at standing head height. When assessing the noise characteristics of office equipment or other acoustical sources it is important that the microphone be placed in the same position that would normally be occupied by the operator.

The microphone should be omni-directional, that is, it should be equally sensitive to sound regardless its orientation to the microphone. A rotating microphone boom may also be used to move the microphone along a circular path during the sample period. The use of such an instrument results in a value being taken over a predefined area versus a value taken at a single point.

Linear data would normally be collected in one-third or full octaves from 1.6 Hz to 20000 Hz as well as the overall dB(linear) and dB(A) values. From the linear data dB(A) values could also be calculated.

The following tables summarize the issues which may be considered during a Stage II investigation.

Sound Masking and Audio Systems:	
a)	Spectral composition of the system's output;
b)	Acoustical output of the system at each output setting;
c)	Uniformity of the masking system within and between each zone.

Table 3.1.26 Stage II Sound Masking System Considerations

Ambient Sound Sources:	
a)	Levels and spectral composition from building systems such as mechanical and lighting systems;
b)	Levels and spectral composition from cleaning activities;
c)	Levels and spectral composition from office equipment;
d)	Levels and spectral composition from occupants.

Table 3.1.27 Ambient Sound Source Considerations

Occupancy Adaptation:	
a)	Workstation orientation;
b)	Grouping of activities;
C)	Types of equipment;
d)	Special requirements;
e)	Overall noise levels (dB(linear) & dB(A))
f)	Equivalent noise levels (Leq);
g)	Determination of the potential for noise induced hearing loss.

Table 3.1.28 Stage II Occupancy Adaptations Considerations

In addition to the above, an evaluation of ambient noise must also consider the findings from other disciplines. These may include:

a)	Office type (open or closed, screened or partitioned);
b)	Population count and schedule;
c)	Proximity of the occupants to the exterior enclosure;
d)	Proximity of heat producing equipment (thermal load concentrations);
e)	Thermostat calibration;
f)	Fan schedules;
g)	Assessment of the impact of performance improvement recommendations on acoustical issues.

Table 3.1.29 Transdisciplinary Components of Ambient Sound Considered During the Stage II Evaluation

3.1.2.4 Assessment Procedure

The data should be compared to any acoustical criteria for the area tested. This may necessitate the computation of NC, PNC, or RC values for comparison to the building construction specifications or to other guides such as overall dB(A) values. The

diagram below is a typical ambient noise spectrum in which an NC value was determined. The spectrum shows both the one-third and the full octave values (linear) as well as the overall linear and dB(A) values.

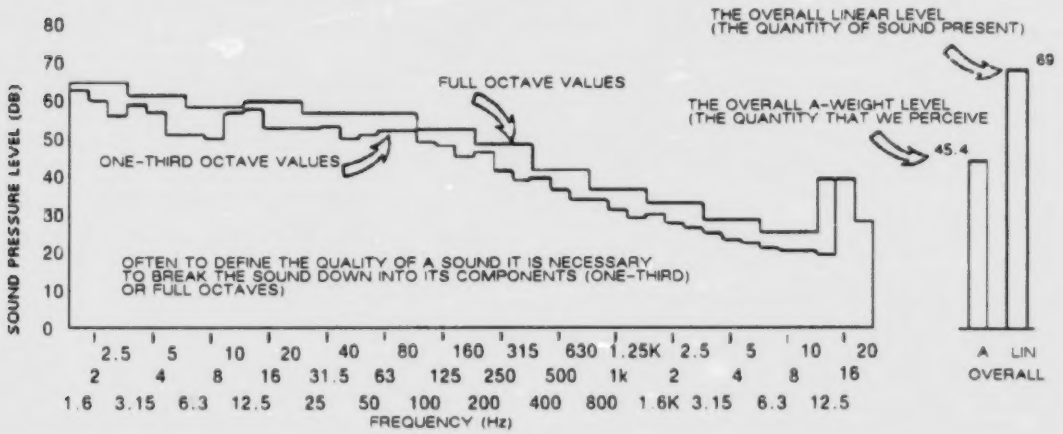


Figure 3.1.5 Typical Ambient Sound Spectrum

Measurements made during normal working hours should be evaluated with reference to the following criteria:

a)	overall dB(A)
b)	overall dB(lin)
c)	NC, PNC or RC value
d)	presence of tones
e)	minimum and maximum values of each of the above
f)	main sources of noise
g)	differences in noise levels throughout a workspace (uniformity)

Table 3.1.30 Criteria for Evaluating Occupied Ambient Noise

3.1.2.5 Resource Allocation and Timing

The following time intervals should be allowed for one person to conduct a Stage II analysis of ambient noise:

Plan and archive procurement and review (refer to stage I)

Check, pack and ship equipment to site	4 hours
Conduct 50 measurements at 1/2 hour each	25 hours
Conduct 20 after-hour measurements at 1/2 hour each	10 hours
Analysis and documentation	35 hours

Travel times to and from the site are not included in these estimates. The final estimates of time can only be determined after the scope of work has been fully defined. It

should be noted that the above times refer only to the examination of ambient sound levels. The analysis of other acoustical criteria in conjunction with the Stage II analysis of ambient sound levels could ultimately reduce the total time requirements.

3.1.2.6 Documentation: Creation and Retention of Working Papers

The field data are either entered onto one-third octave data sheets or manually entered into a log book. These results are documented to the client as a project report.

3.1.3 Stage III - Specialized In-Depth Monitoring

To provide a complete evaluation of a building's ambient noise levels, the building characteristics must be assessed in conjunction with the acoustical influence provided by the occupants. To fully assess the occupant influence, measurements are required during normal working hours. To ensure that the data obtained from this exercise is representative of normal operating conditions it is advisable to collect the ambient sound levels over a long term.

3.1.3.1 Description of Techniques

The measurement of ambient noise over a long period of time (hourly, daily or weekly) provides valuable information on the dynamic characteristics of the office sound levels during normal working hours.

Special features of this test include:	
a)	The collection of contiguous one-third or full octave data from 1.6 to 20000 Hz;
b)	The collection of A-weighted and linear overall values;
c)	Automated data collection;
d)	Automated data analysis.

Table 3.1.31 Features of Long Term Monitoring of Ambient Sound Levels

3.1.3.2 Equipment

The system used for the long term monitoring of ambient sound is a custom Bruel and Kjaer system and consists of the following instrumentation:

a)	Type 2131 digital frequency analyzer;
b)	Type 4220 pistonphone;
c)	Type 4230 calibrator;
d)	Type 4165 microphones (8);
e)	Type 2619 preamplifiers (8);
f)	Type 7400 digital cassette recorder;
g)	Type 2811 multiplexer;
h)	Hewlett-Packard Type 9816 microcomputer with custom software;
i)	Hewlett-Packard Type 9121 dual disc drive;
j)	Custom controlling software.

Table 3.1.32 Stage III Instrumentation used by the Building Performance Division for the Long Term Monitoring of Ambient Sound Levels

The block diagram below illustrates the equipment configuration:

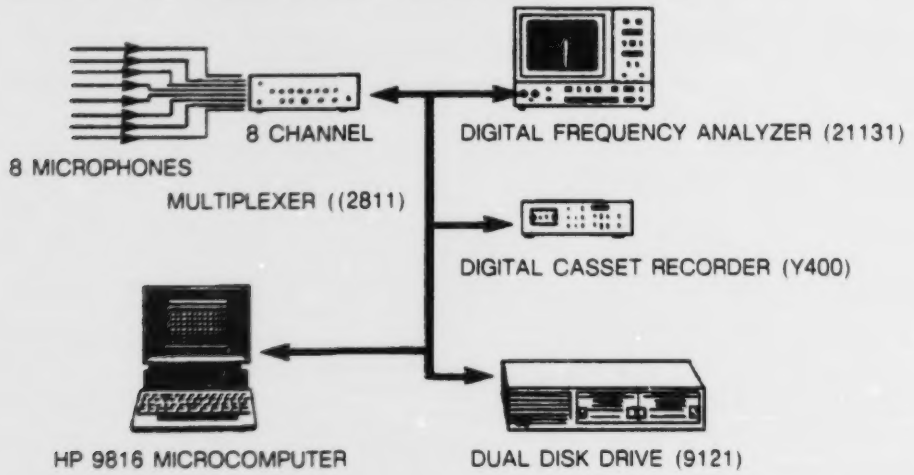


Figure 3.1.6 Instrumentation Required for the Long Term Monitoring of Ambient Sount Levels

3.1.3.3 Detailed Procedure

The monitoring of sound levels on a long term basis is accomplished through the use of a dedicated system of instrumentation and software. The primary concerns are the selection of suitable sample locations. A large open office is ideal for this application. The microphones are located to provide data from a mix of perimeter, interior and core workstations. If desired, the monitoring of sound levels within closed offices may be conducted. The microphones are normally extended down from the suspended ceiling 150 to 200 mm. Because of the microphones' sensitivity and omni-directional characteristics, the sound levels over a wider area are monitored. There is a slight difference between sound levels at seated head height and near the ceiling line, however, this difference can generally be ignored. In order to make sure the difference is minimal for all the conditions encountered, a measurement at seated head height should be made.

3.1.3.4 Assessment

The long term monitoring of ambient sound levels collects a very large quantity of data. Approximately 25000 values per day are collected. To analyze this information, a software package has been developed.

For each spectrum collected, the following values are calculated from the linear one-third octave values:

a)	Linear octave values;
b)	Overall linear value;
c)	dB(A) values in one-third octaves;
d)	dB(A) values in octaves;
e)	Overall dB(A) values;
f)	Noise Criteria (NC) values;
g)	Perceived Noise Criteria (PNC) values;
h)	Room Criteria (RC) values;
i)	Examination of the spectrum for the presence of tones;

Table 3.1.33 List of Calculated Values in the Analysis of Ambient Sound Levels Collected Over a Long Term

An example of the output for one spectrum is shown below:

FILE: as jan7. dat
PRIV JAN 7/85 OCCUPIED AMBIENT
3RD FLOOR PERSONNEL
CHAN 6 LOCATION 168
Day 7 1998 9: 5. Reference Level: 20.0
SEQUENCE #: 1 SCAN #: 6

ONE THIRD OCTAVE VALUES									OCTAVE VALUES					
Hz	dB	dBA	Hz	dB	dBA	Hz	dB	dBA	Hz	dB	dBA	NC	PNC	RC
1.6	64.1	0.0	2.0	61.0	0.0	2.5	59.5	0.0	2.0	66.7	4.8	0.	0.	0.
3.2	59.5	0.0	4.0	61.2	0.0	5.0	58.1	0.0	4.0	64.6	4.8	0.	0.	0.
6.3	54.0	0.0	8.0	52.5	0.0	10.0	54.7	0.0	8.0	58.6	4.8	0.	0.	0.
12.5	56.5	0.0	16.0	55.0	0.0	20.0	56.5	6.0	16.0	60.8	7.8	0.	0.	0.
25.0	54.1	9.4	31.5	54.3	14.9	40.0	50.1	15.5	31.5	58.0	18.8	0.	0.	33.
50.0	49.7	19.5	63.0	52.9	26.7	80.0	55.7	33.2	63.0	58.2	34.2	32.	39.	38.
100.0	55.1	36.0	125.0	49.7	33.6	160.0	48.5	35.1	125.0	56.9	39.8	40.	44.	42.
200.0	45.9	35.0	250.0	45.0	36.4	315.0	39.3	32.7	250.0	49.0	39.7	38.	39.	39.
400.0	43.7	38.9	500.0	36.4	33.2	630.0	32.7	30.8	500.0	44.7	40.4	40.	40.	40.
800.0	35.1	34.3	1000.0	29.3	29.3	1250.0	27.8	28.4	1000.0	36.7	36.3	36.	37.	37.
1600.0	29.3	30.3	2000.0	29.6	29.6	2500.0	22.4	23.7	2000.0	32.3	33.5	33.	37.	37.
3150.0	20.0	21.2	4000.0	21.0	21.0	5000.0	20.0	20.4	4000.0	24.8	25.7	27.	32.	35.
6300.0	20.0	19.9	8000.0	18.9	18.9	10000.0	21.8	19.3	8000.0	25.5	24.2	29.	32.	0.
12500.0	20.0	15.7	16000.0	33.6	33.6	20000.0	29.3	20.0	16000.0	40.6	33.9	0.	0.	0.

Overall dBlin = 70.6
Overall dBA = 46.3
Tone detected at 16000.0 Hz

Overall NC = 40.
Overall PNC = 44.
Pure Tone detected at 0.0 Hz

Overall RC = 42.
Overall SIL = 34.6

Figure 3.1.7 Typical Output from the Analytical Software Used in the Assessment of Ambient Sound Data Collected Over a Long Term

Considering many spectra at once, the following values may be calculated:

a)	The minimum and maximum values for each one-third octave;
b)	Histogram information showing dB(lin), dB(A), NC, PNC, and RC values.

Table 3.1.34 Multiple Spectra Analysis of Long Term Ambient Sound Data

The graphs below are histograms of data collected over a 5 day work week:

DISTRIBUTION OF VALUES
DB (A)

	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
MONDAY	0	0	0	1	363	186	49	1	0	0	
TUESDAY	0	0	0	20	387	153	38	2	0	0	
WEDNESDAY	0	0	0	6	406	145	42	0	1	0	
THURSDAY	0	0	0	13	367	170	44	6	0	0	
FRIDAY	0	0	0	7	378	165	46	4	0	0	
TOTAL 3000	0	0	0	47	1901	819	219	13	0	0	

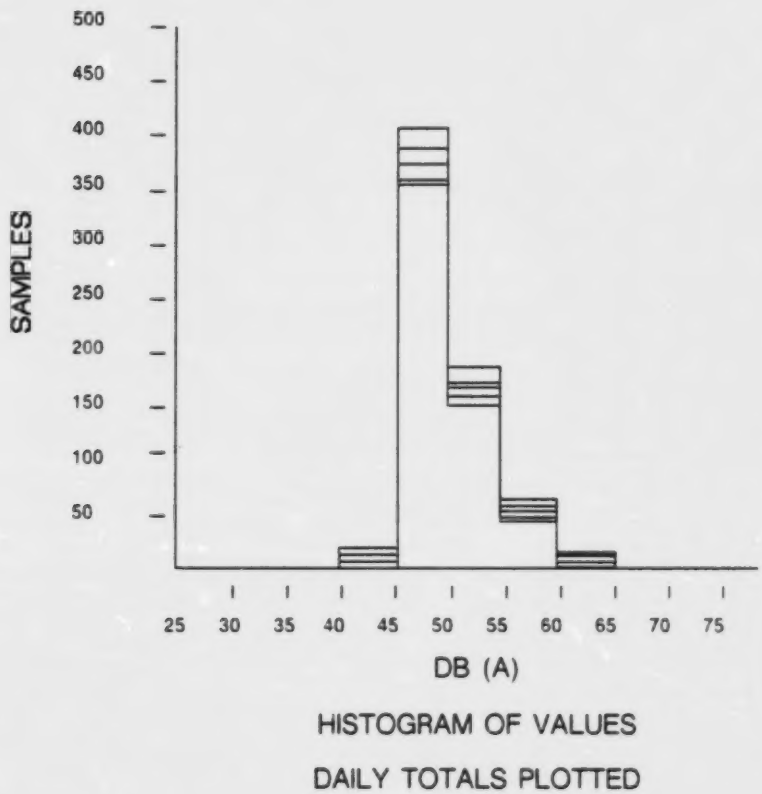


Figure 3.1.8 Histograms of Data Collected Over a One Week Period

3.1.3.5 Resource Allocation and Timing

The following time intervals may be considered as a guide in conducting a Stage III evaluation:

a)	Check, pack and ship equipment to site:	12 hours
b)	Set up equipment for each test location:	8 hours
c)	Dismantle measurement system, prepare to ship:	8 hours
d)	Analyze and document the results:	40 hours
e)	On-site system maintenance:	2 hours a day per day of testing

Travel time to and from the site are not included in the above totals. The final estimates of time can only be determined after the scope of work for a specific project has been fully defined. It should be noted that these times relate only to the long term monitoring of ambient noise. The analysis of other acoustical criteria in conjunction with this Stage III analysis could ultimately reduce the total time requirements.

3.1.3.6 Documentation: Creation and Retention of Working Papers

The field data is transferred to the Building Performance Division's VAX 11/780 for storage and analysis. The summary of the data is documented in a project report.

3.2 SOUND PROPAGATION IN THE OPEN OFFICE

The sound propagation characteristics, or how well sound is transmitted from one position to other positions in an open office area, is an important consideration of architectural acoustics. It is desirable to introduce as much attenuation, or reduction in sound levels, as possible between positions to achieve optimum levels of conversational privacy.

This section examines the techniques for the evaluation of sound propagation characteristics and relates these characteristics to a subjective rating system for both speech privacy and speech communication effectiveness known as "Articulation Indices".

In the open office, a perceived lack of speech privacy is often a major cause of employee dissatisfaction. This is, not surprisingly, a common complaint. The open office concept features layout flexibility, occupant mobility, and visual and verbal communications. Thus, a system that supports verbal communication often does not normally provide a high standard of speech privacy. If high degrees of confidentiality, physical security and freedom from distractions are required, then the only solution may be a closed office. Caution is warranted here since the erection of a floor-to-floor partition does not guarantee speech privacy unless proper attention has been applied to its design and construction.

If a lower standard of speech privacy is to be provided in an open office, one or more of the following criteria is normally required:

a)	A physical separation of the speaker and the listener (distances of five metres or more may be needed);
b)	Raising the ambient sound level to mask speech and other unwanted noise;
c)	The placement of privacy screens or partitions between the speaker and adjacent receiving positions. Although the use of privacy screens will beneficially increase the quantity of sound absorptive material, their use alone will not normally provide an assurance of speech privacy.

Table 3.2.1 Criteria To Achieve Speech Privacy in the Open Office

Sound attenuation between positions is determined by transmitting a signal from a calibrated sound source at one position and measuring the resultant signal at the receiving position. The difference is the attenuation.

A free field is defined as having neither reflecting nor absorbing surfaces and having air as the only propagating medium. Under these conditions, sound levels decrease 6 dB for each doubling of distance away from a sound source. However, in a typical base building open office area (unfurnished) sound will usually attenuate in the range of 4 to 6 dB for each doubling of distance. The addition of furnishings will often improve this range of values to 5 to 7 dB. The reference to free field attenuation is made for comparative purposes only. An attenuation of 6 dB per doubling of distance does not guarantee speech privacy.

For separating distances less than 3 metres between the source and the receiver, attenuation values are usually in a lower range (dB per doubling of distance) than those greater than 3 metres away.

The attenuation value is affected by the quantity of acoustically absorptive material in a space as well as the characteristics of the path between the source and the receiver. An unobstructed path will likely perform worse than a path in which partial height screens or other furnishings are placed to prevent a direct line of sight.

The relative amount of absorptive material between the speaker and the listener can be determined by measuring the reverberation time. The more rapidly the sound decays, the greater the amount of absorptive material. The measurement of sound propagation characteristics provides an indication of the distribution of the absorptive material. Reverberation time measurements are described in section titled, Reverberation Time.

The measured data are used to establish the Articulation Index between any two positions. The Articulation Index is a measure of the degree of conversational privacy between two positions or conversely the effectiveness of speech communication between the two positions. Thus, 100% privacy yield 0% communication and vice versa. Table 3.2.2 illustrates the relationship between speech privacy conditions and communications conditions.

A.I.	SPEECH PRIVACY CONDITION	COMMUNICATION CONDITION
1.0		
0.9		
0.8		
0.7	Nil	Excellent
0.6		Good
0.5		
0.4	Very Poor	Fair
0.3		
0.2	Poor	Poor
0.1	Acceptable	Very Poor
0	Excellent	Nil

Table 3.2.2 Summary of Speech Privacy and Communication Conditions

In open-plan offices, it is difficult to achieve total privacy for each occupant. There should, however, be group privacy for a few people working together. This privacy can usually be achieved with a separation of 5 to 7 metres between a speaker and a listener.

Four basic factors affect speech clarity in any given area:

a)	Ambient sound levels, which, if sufficient will mask speech;
b)	The sound pressure level at the listener's ears, which is influenced by the distance to the person speaking, room size or volume and the nature of the surroundings;
c)	The reverberation time. In normal speech syllables follow each other rapidly and unless each syllable decays quickly, it will mask the one following;
d)	The room shape.

Table 3.2.3 Factors Affecting Speech Privacy

Sound Propagation as Influenced by Other Quality Issues

Action taken to improve the speech privacy of a workspace may inadvertently degrade the performance of other building quality issues. For example, free standing privacy screens may be installed for increased visual privacy and greater definition of an individual's territory. Screens will generally assist in reducing the sound propagation or transmission between workstations. Although this approach is beneficial, caution is advised in situations where screens are expected, on their own, to provide speech privacy.

The use of privacy screens must also avoid a decrease in lighting quality through the use of dark non-reflective surfaces as well as the impingement of the operations of the mechanical system by preventing an unobstructed path for air flow.

3.2.1 Stage I – Preliminary Assessment (Introduction)

The first stage or level of investigation involves 3 activities which may be incorporated collectively or individually. These activities include a plan and archive review, a walkthrough of the workspace, floor or building, and the solicitation of occupant responses and building management interviews.

This stage may be used as a preparatory or introductory exercise to become familiar with the specific problem so that a detailed scope of work may be developed. The information provided by a Stage I investigation of sound propagation provides only limited information. The assessment is normally conducted as a Stage II exercise.

3.2.2 Stage II – Simple Measurement Techniques

The second stage of investigation is simple measurement techniques. The term "simple" refers to the operation and application of the instrumentation and assessment package and not to the complexity within the instrumentation itself.

3.2.2.1 Description of Techniques

A wideband, (100 Hz to 10000 Hz) stable, calibrated sound source generates a signal 40 to 50 dB above the ambient level. The sound level is recorded at a reference distance (usually 0.5 m) from the source and compared to the levels recorded at the receiving positions.

This data allows for two types of analysis. First, the sound propagation (attenuation) can be evaluated.

In "free-field" conditions in which there are no reflecting or absorbing surfaces, a sound signal decreases 6 dB for each doubling of distance away from a source. Sound within a "typical" office generally attenuates in the range of 4 to 6 dB when the space is unfurnished and in the range of 5 to 7 dB when it is furnished.

If the attenuation is greater than tnat expected, i.e. greater than 6 dB, then the range over which conversations are discernible is more restricted. The receiver may be considered to be acoustically further away from the source than he or she actually is, under free-field conditions. It should be noted that speech intelligibility is a function of what is being said (in both terms of level and content) and the desirability of people to overhear.

If the attenuation is less than expected, conversation can carry further. The listener may be considered to be acoustically closer to the speaker, i.e. the same quantity of sound reaches the listener as would be anticipated if the listener was physically closer to the speaker under free-field conditions.

Second, the test data collected during the measurements are used to determine the articulation index between two locations. This provides an indication of the anticipated level of speech privacy.

The Articulation Index is determined from a set of weighted bands of measured sound. The bands are chosen according to their importance in detecting speech in the presence of interfering noise. It is, in effect, the signal–to–noise ratio and is expressed as a number between 0.0 and 1.0 indicating intelligibility between 0 and 100%. The Articulation Index can be use to forecast the degree of privacy in the open–plan office.

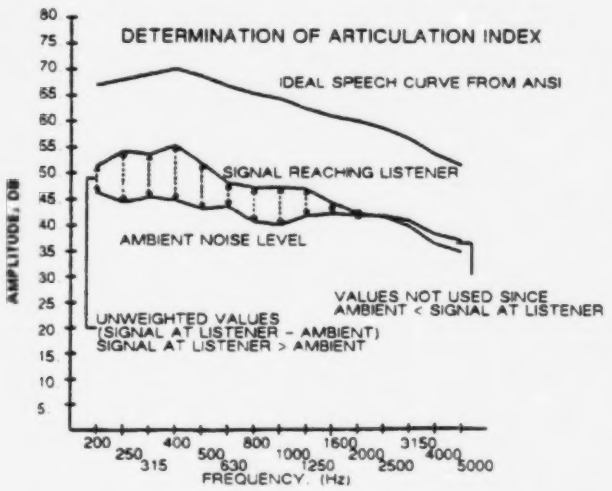


Figure 3.2.1 Example of Data Used to Determine an Articulation Index

The upper curve in Figure 3.2.1 is an "ideal speech curve" plotted from ANSI (American National Standards Institute) data. The ambient sound level is measured and plotted (lower curve) as is the signal level at the listener's ear (middle curve). The difference between the ambient sound level and the signal level at the ear is measured for each of the applicable one–third octaves. The difference, in dB, at each frequency is multiplied by a weighting factor and then added as shown in Table 3.2.3 below. The weighting factors are used since some of the frequencies are more critical to speech intelligibility.

1/3 OCTAVE BANK	UNWEIGHTED VALUE	X	WEIGHT FACTOR	=
200	5.1		0.0004	0.00
250	9.8		0.0010	0.01
315	8.2		0.0010	0.01
400	10.6		0.0014	0.01
500	8.7		0.0014	0.01
630	4.5		0.0020	0.01
800	6.5		0.0020	0.01
1000	7.2		0.0024	0.02
1250	5.1		0.0030	0.02
1600	2.1		0.0037	0.01
2000	0.3		0.0038	0.00
2500	0.0		0.0034	0.00
3150	0.0		0.0034	0.00
4000	0.0		0.0024	0.00
5000	0.0		0.0020	0.00
			AI	= 0.11

Table 3.2.4 Example of Articulation Index Calculation

3.2.2.2 Equipment

The following Bruel and Kjaer equipment is used by the Building Performance Division for the analysis of sound propagation characteristics in the open office:

Type 4205 sound source; Type HP1001 speaker; Type 2131 digital frequency analyzer; Type 4220 pistonphone; Type 4230 calibrator; Type 4165 microphone; Type 2619 preamplifier; Type 7400 digital cassette recorder; Type 3923 rotating microphone boom; cables, tripod, data sheets as required.

Table 3.2.5 Equipment used by the Building Performance Division in the Assessment of Sound Propagation in the Open Office

The block diagram below illustrates the equipment configuration:

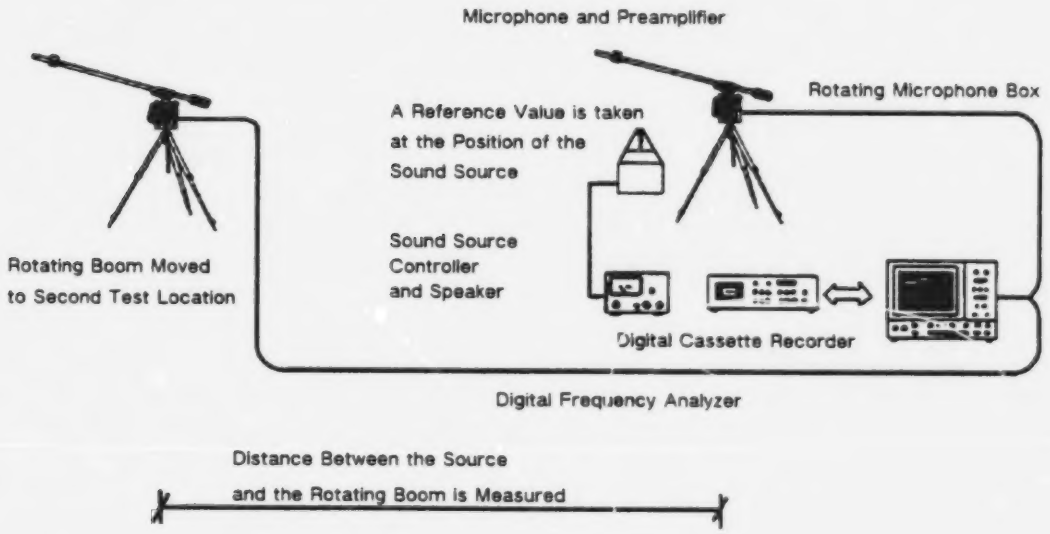


Figure 3.2.2 Sound Propagation Instrumentation

3.2.2.3 Detailed Procedure

During the evaluation particular attention is paid to the following factors:

a)	Type of task being performed by each discrete group;
b)	General occupied ambient sound levels;
c)	Subjective judgment on the degree of speech privacy required for the occupants to fulfill their duties and the degree of privacy which the space and the layout provides;
d)	Subjective judgment of the degree of speech privacy within an open office;
e)	Quantity and type of office furnishings (hard reflective surfaces versus acoustically absorptive materials);
f)	Treatment of large vertical surfaces.

Table 3.2.6 Factors to be Considered in the Evaluation of Sound Propagation

The following procedures are carried out. Care must be taken to ensure that the equipment is operated according to the manufacturer's instructions.

a)	The instrumentation is calibrated using two separate references in accordance with the manufacturer's instructions;
b)	The microphone height is set to 1.1 metres above the floor representing a seated person's head height. The rotating microphone boom is set to a radius of 0.5 metres;
c)	The digital frequency analyzer must be kept away from the microphone to prevent the microphone from picking up the noise from the analyzer;
d)	A reference sample is taken 0.5 metres from the source;
e)	Other measurements are taken at adjacent workstations. The distance between the source and the microphone is recorded;
f)	Unoccupied and unfurnished open office spaces within the building are also tested when it is possible to do so;
g)	The data is recorded onto the digital cassette recorder or manually onto the one-third octave data sheets;
h)	Ambient noise levels are required to calculate the articulation index between two points.

Table 3.2.7 Evaluation Procedure for Sound Propagation

3.2.2.4 Assessment

The collected measurements are compared to the free field attenuation of 6 dB per doubling of distance. Comparisons may be made among similar areas within the building.

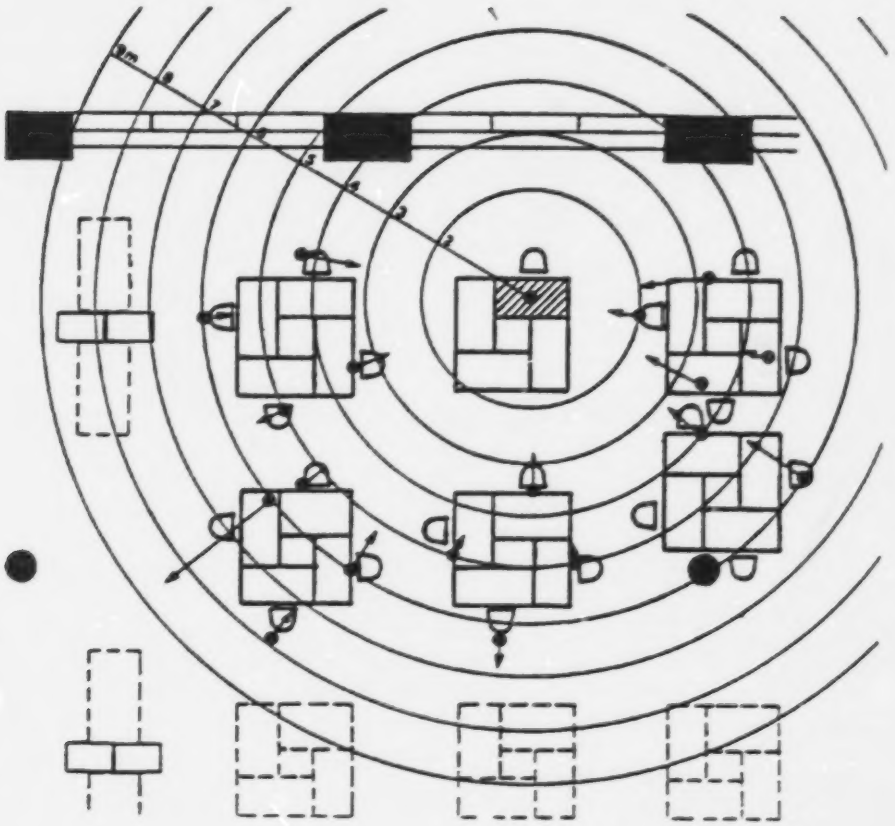


Figure 3.2.3 Examples of Sound Propagation Measurements in a Typical Office
The arrows indicate the effective distance from the source

The following chart provides an example of how results are tabulated. in order to compare the actual attenuation values to the calculated free field values.

Sound Propagation Characteristics of 1000 Hz Comparison to 6 dB attenuation per doubling of distance

Test Location: 1334

Reference: 0.5 metre from the sound source
1000 Hz signal = 88.3 dB(lin)

Mic Pos.	Distance from Source (metres)	Calculated Free Field Attenuation (dB)	Actual Atten. (dB)	Difference* Act- Free Field (dB)	Effective Distance from Source (metres)
1311	4.0	18.0	18.5	+0.5	4.25
1310	6.5	22.3	18.9	-3.4	4.5
1313	6.0	21.5	20.8	-0.7	5.5
1312	4.5	19.0	16.2	-2.8	3.25
1331	2.5	14.0	11.8	-2.2	1.75
1333	4.0	18.0	16.9	-1.1	3.5
1332	4.5	19.0	15.7	-3.3	3.0
1330	4.5	19.0	14.8	-4.2	2.75
1329	6.0	21.5	22.1	+0.6	6.5
1328	7.0	22.8	21.6	-1.2	6.0
1327	8.0	24.0	25.4	+1.4	9.5
1314	6.5	22.3	24.4	+2.1	8.5
1315	8.0	24.0	24.3	+0.3	8.25
1326	9.0	25.0	27.6	+2.6	12.0
1324	12.0	27.6	27.3	-0.3	11.75
1323	12.5	28.0	31.6	+3.6	19.25
1325	12.5	28.0	31.5	+3.5	19.0
1321	15.5	29.75	32.8	+3.05	22.25
1309	11.5	27.25	27.7	+0.45	12.0
1318	13.0	28.25	29.7	+1.45	15.5
1305	12.0	28.1	30.2	+2.6	16.25

* + better than calculated free field values of 6 dB attenuation per doubling of distance from a source

\- less than calculated free field values of 6 dB attenuation per doubling of distance from a source

Table 3.2.8 Tabulation of Sound Propagation Results

The following table provides an example of how the articulation index values may be applied to the example illustrated above:

Articulation Indices

Receiver	Distance to source	A.I.	Speech Privacy	Communication Condition
1311	4.0	.29	Poor	Poor
1310	6.5	.17	Poor	Poor
1313	6.0	.23	Poor	Poor
1312	4.5	.36	Very Poor	Fair
1331	2.5	.57	Nil	Good
1333	4.0	.32	Poor	Poor
1332	4.5	.41	Very Poor	Fair
1330	4.5	.32	Poor	Poor
1329	6.0	.16	Poor	Poor
1328	7.0	.2	Poor	Poor
1327	8.0	.09	Acceptable	Very Poor
1314	6.5	.06	Acceptable	Very Poor
1315	8.0	.05	Excellent	Nil
1326	9.0	.01	Excellent	Nil
1324	12.0	.01	Excellent	Nil
1323	12.5	.0	Excellent	Nil
1325	12.5	.0	Excellent	Nil
1321	15.5	.0	Excellent	Nil
1309	11.5	.01	Excellent	Nil
1318	13.0	.01	Excellent	Nil
1305	12.0	.0	Excellent	Nil

Table 3.2.9 The Application of Articulation Indices to Evaluate the Speech Privacy and Communications Divisions in the Assessment of Reverberation Time

Note: In calculating the AI values, a typical ambient sound level of NC 40 was used.

The recorded values are also plotted on a graph to determine the range of attenuation values present.

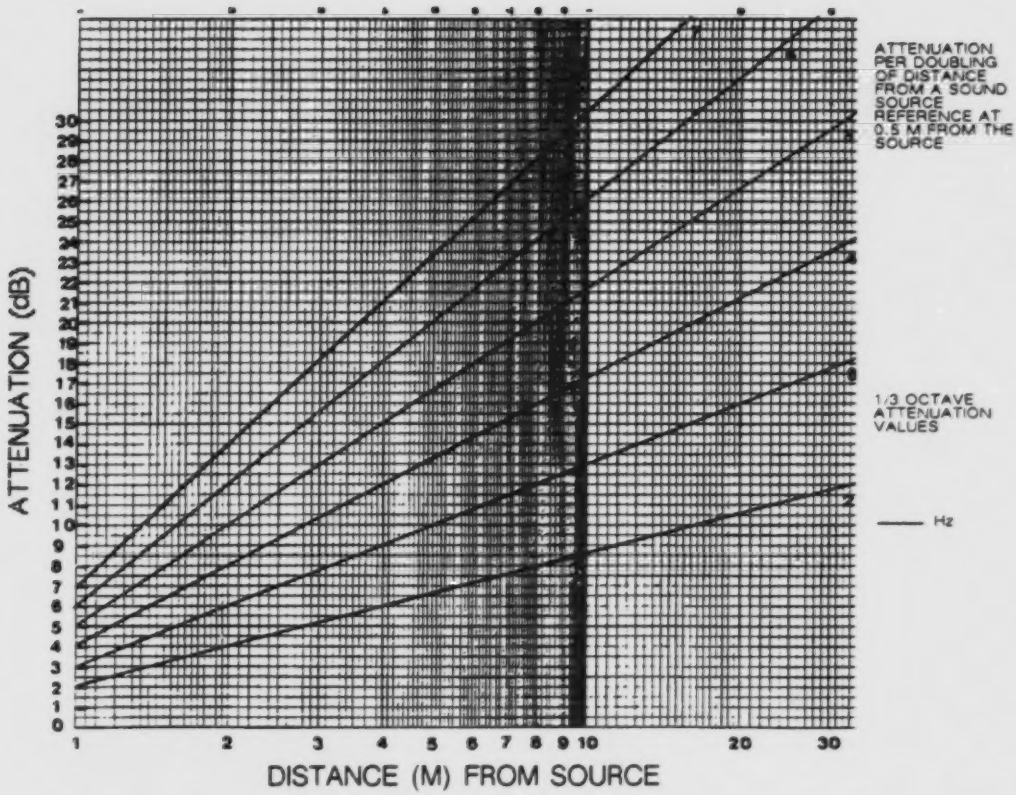


Figure 3.2.4 Graph of Attenuation Bands Based on a Reference Being Taken at 0.5 Metre Away From the Source.

3.2.2.5 Resource Allocation and Timing

The following time intervals may be considered as a guide for the evaluation of sound propagation characteristics.

a)	Check, pack and ship equipment to site:	4 hours
b)	Set up equipment for each test location:	1 hour
c)	Collect data for each test location:	2 hours
d)	Pack, return equipment:	4 hours
e)	Analysis of data and documentation for each test location:	4 hours

Travel time to and from the site are not included in the above totals. The final estimates of time can only be determined after the scope of work for a specific project has been fully defined. It should be noted that these times relate only to the examination of sound propagation characteristics. The analysis of other acoustical criteria in conjunction with the Stage II analysis of sound propagation could ultimately reduce the total time requirement.

3.2.2.6 Documentation: Creation and Retention of Working Papers

All field values are recorded in a log book. The results from this evaluation are provided to the client in the form of a project report.

3.2.3 **Stage III – Specialized In-Depth Monitoring**

This section is not applicable.

3.3 **REVERBERATION TIME**

Reverberation time measurements are conducted to determine the degree of sound absorptive material present in and around a particular workstation or closed office. The results of these tests are related to the sound propagation test results. Reverberation time examines the total acoustical absorption whereas the sound propagation tests examine the distribution of the absorptive materials in a given space. If problems are experienced with the reverberation time, complaints are normally expressed as a lack of speech intelligibility, particularly noticeable as a slurring of syllables. Others may describe the phenomenon as echoes within the area or may feel that the ambient noise level is slightly elevated.

Reverberation Time as Affected by Other Building Quality Issues

The base building, void of any occupant furnishings will provide a certain degree of acoustical absorption. The addition of occupant furnishings and finishes will normally provide an appreciable increase in absorption. An increase of acoustical absorption will result in a reduction of the reverberation time and it may result in a lowering of the ambient sound levels. For open and closed offices, the lower the reverberation time the better.

Often the client finishes and furnishings will be sufficient to reduce an excessive base building reverberation time to an acceptable level.

3.3.1 **Stage I – Preliminary Assessment (Introduction)**

The most information that can be collected in terms of a preliminary assessment of reverberation of a space would occur at a walkthrough.

3.3.1.1 Description of Techniques

A walkthrough will not give quantitative information on the reverberation characteristics of a space, although to the well trained it will indicate areas in which reverberation is excessive. An examination of the amount and location of absorptive material within the space along with listening techniques may be used to assess the reverberation.

3.3.1.2 Equipment

This section is not applicable.

3.3.1.3 Detailed Procedure

During the walkthrough, the amount of absorptive material within the space (walls, ceiling and floor) versus acoustically reflective surfaces should be observed. Also the density of the area in terms of population should be noted as higher densities (therefore greater amounts of furnishings) tend to lower the reverberation time.

If an observer is well trained, an indication of reverberation times which are adequate or excessive may be made by clapping the hands and listening carefully to hear if the noise lingers. Even though it is a simple technique, it is very difficult to estimate problems with reverberation time when not overwhelmingly excessive by using this technique.

3.3.1.4 Assessment

Assessment involves reviewing the amount of absorptive material in the space along with the impression of persistence of sound. Any difficulty with speech communication should also be noted.

3.3.1.5 Resource Allocation and Timing

For a building of approximately 10000 m^2, a day is required to complete the walkthrough. These figures are approximate only and are used only as an estimate. Review of the building size and complexity is required for more refined estimates.

3.3.1.6 Documentation: Creation and Retention of Working Papers

The results are documented in the form of a project memo. Recommendations may be made that address specific problem areas or the report may contain an indication that additional tests should be conducted.

3.3.2 **Stage II – Simple Measurement Techniques**

The second stage of investigation is Simple Measurement Techniques. The term "simple" refers to the operation and application of the instrumentation and assessment package and not to the level of complexity within the instrumentation itself.

3.3.2.1 Description of Techniques

Reverberation time is a measure of the "persistence of sound" that exists after the source of the sound has stopped. It is defined as the time required for the sound level to decrease by 60 dB. Reverberation time can be determined by generating a sound pulse 60 dB above ambient and measuring the decay time to ambient, but this is not always practical. Therefore, a sound pulse 30 to 40 dB above ambient is generated and a calibrated protractor is used to extrapolate the sound decay curve giving the reverberation time in seconds. In the low frequency measurement, difficulty may be encountered in obtaining a relatively straight decay thus making extrapolation using this technique troublesome.

3.3.2.2 Equipment

There are many devices available for measuring the reverberation time of a space. The Bruel and Kjaer instrumentation used by the Building Performance Division consists of a sound level meter and an appropriate filter set in conjunction with a level chart recorder. The specific instrumentation consists of:

Type 2209 sound level meter; Type 1616 one-third octave filter set; Type 2306 level chart recorder.

Table 3.3.1 Equipment used by the Building Performance Division for the Assessment of Reverberation Time

3.3.2.3 Detailed Procedure

The sound level meter is calibrated in accordance with the manufacturer's instructions.

The microphone height is selected as 1.1 or 1.6 metres above the floor for seated head heights or standing head heights. This microphone should be at least 1.5 m away from the sound source.

The sound source is placed in the corner of the room (about 0.5 metres from the walls) to attempt to generate a diffuse sound field.

A reference level produced by the sound source is measured with the sound level meter and plotted on the level chart recorder.

The sound source is turned off. The decay of the reference signal is plotted.

The decay curves are extrapolated into reverberation times.

The test is repeated for the frequency bands of interest. Generally, for the open or closed office, reverberation times should be evaluated for the range of 125 to 8000 Hz.

The figure below illustrates typical decay curves:

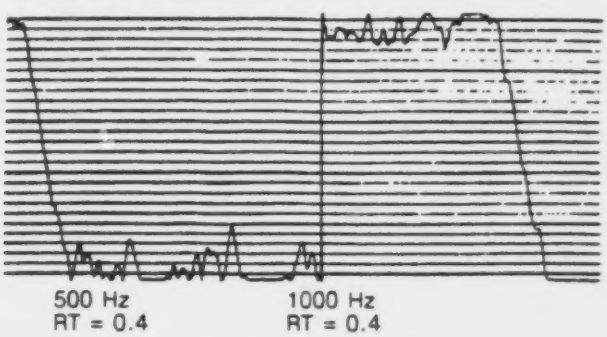


Figure 3.3.1 Reverberation Time Decay Curves

3.3.2.4 Assessment

The decay curve is extrapolated into time using a calibrated protractor. A reverberation time of 0.6 seconds or less is the normally acceptable range of values for an open or closed office.

3.3.2.5 Resource Allocation and Timing

One hour is normally required for each test location.

3.3.2.6 Documentation: Creation and Retention of Working Papers

The results are documented in the form of a project memo. Recommendations to address specific problem areas may be included in this report.

3.3.3 **Stage III – Specialized In-Depth Monitoring**

This section is not applicable.

3.4 TRANSMISSION LOSS THROUGH PARTITIONS

The primary objective of a partition system in closed offices or meeting rooms is to provide privacy, either visual or aural, from adjoining areas. Unfortunately, an assumption is often made that the partition will automatically achieve a high degree of acoustical privacy. Unless the partition is carefully designed and constructed, the acoustical performance may be significantly less than the performance criteria.

In this document the term "partition" refers to a built-in place wall as opposed to a portable, movable, free-standing privacy screen.

Noise Reduction (NR) and Normalized Noise Reduction (NNR) measurements may be made to determine the amount of sound attenuation provided by permanent office partitions as they perform in situ. These tests measure the acoustical attenuation from one position in a closed office to positions outside the office and evaluate not only the partition's performance but the performance of the entire assembly including all adjoining surfaces.

If a partition is to satisfy the requirements for a high degree of confidentiality, then several factors must be evaluated:

a)	The partition must be constructed from floor slab to floor slab;
b)	The components of the partition must be selected to yield the desired attenuation rating;
c)	The air handling system must provide adequate heating or cooling and air movement otherwise, the occupants may have to leave the door open during meetings;
d)	Existing ducts, conduits or plenum cables may have to be rerouted to minimize the penetration through the partition;
e)	Return air ducts must be designed to provide adequate acoustical attenuation;
f)	Carpet may have to be cut away so that the partition rests directly on the concrete slab to allow this interface to be properly sealed;
g)	The interface between the doors and frames must provide adequate sound attenuation;
h)	The vertical clearance on a double set of doors must be treated to prevent sound transmission;
i)	Dry glazing of sidelights provides a sound transmission path and must be acoustically isolated. Dry glazing is also a potential source of rattle;
j)	Metal Venetian blinds on sidelights may rattle and be a source of annoyance.

Table 3.4.1 Factors to Consider in the Design and Construction of Partitions

If there is a requirement for a less rigid acoustical performance, then the partition can be built to the underside of the suspended ceiling. Such a partition does not normally provide speech privacy. There is no need to erect a high quality partition to the underside of the ceiling when a similar acoustical performance can be obtained using a lower quality partition.

The following chart illustrates the detrimental affect that openings have on the performance of a partition. For example, a properly designed and constructed partition with no openings will attenuate sound as it was designed to do. Assume that the partition was designed to attenuation sound by 40 dB. The chart illustrates that a void of only 0.1% of the wall area will reduce the attenuation from 40 dB to 30 dB. A void of 1.0% will reduce the performance further to only 20 dB.

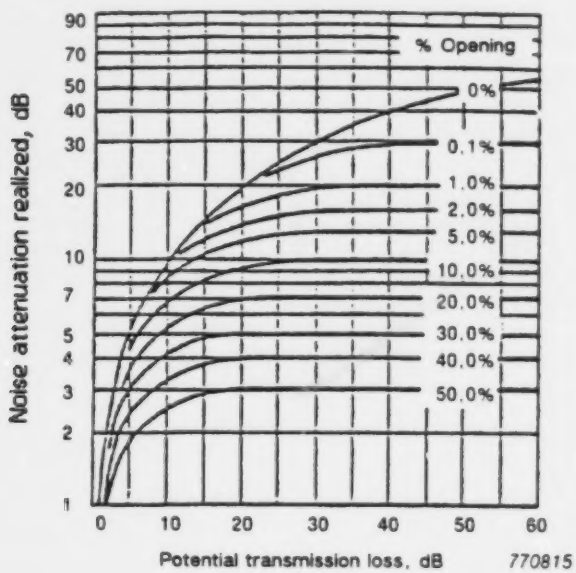
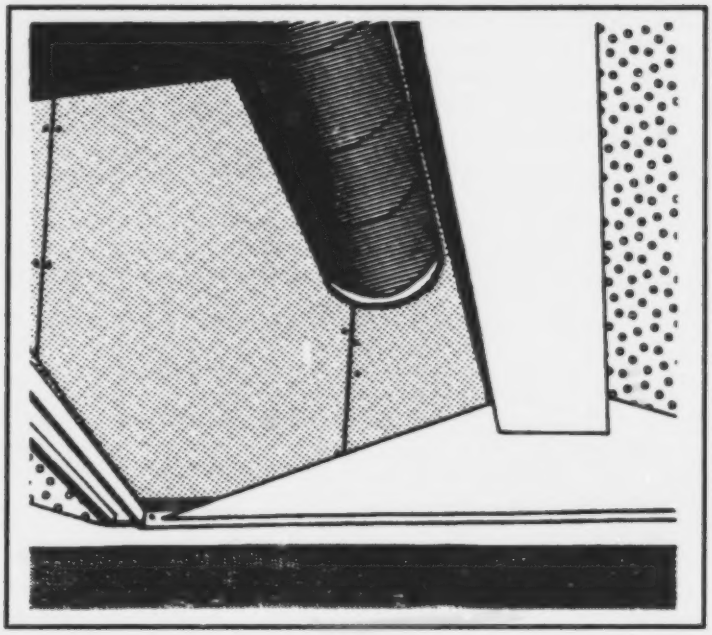


Figure 3.4.1 Effects of Leaks Through a Partition
Reference: Bruel and Kjaer

The drawings below illustrate common construction problems:



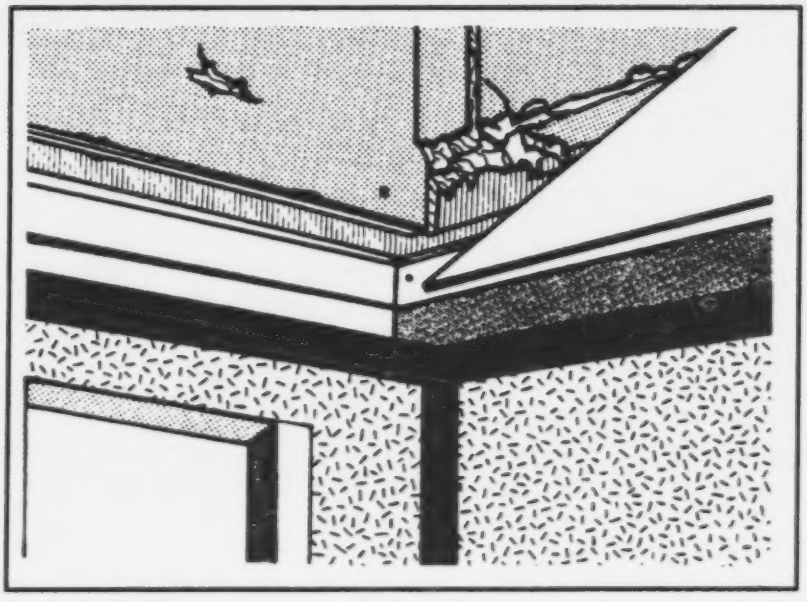


Figure 3.4.2 Common Partition Problems

Traditionally, sound attenuation through a partition has been classified by a single Sound Transmission Class (STC) value. This rating system was originally developed by the American Society of Testing and Materials (ASTM) to provide a single number rating for sound insulation. STC values are determined in a laboratory where the test section is analyzed exclusive of its surrounding conditions. Measurements conducted in the field must take into account many paths of sound transmission other than the one directly through the partition as illustrated in Figure 3.4.3 below. The tests conducted on site evaluate the performance of the partition assembly and not just the partition itself. The partition assembly includes all paths by which sound may transfer from inside of the source room to the receiving room.

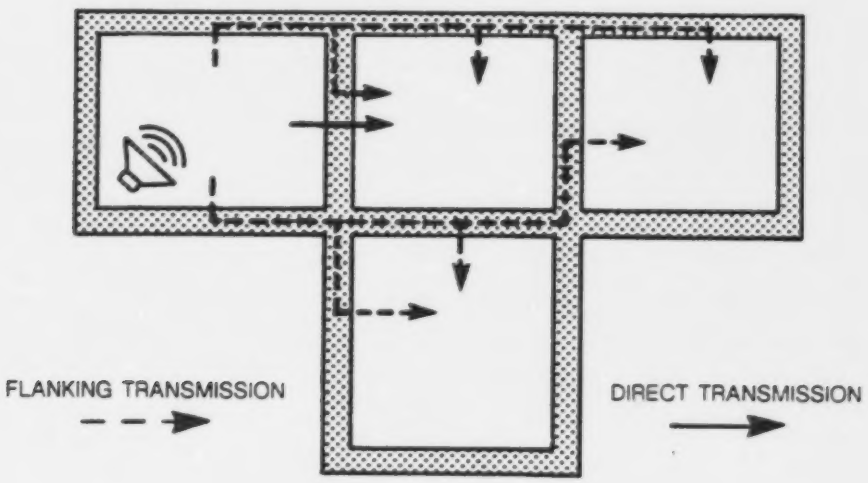


Figure 3.4.3 Transmission Paths Between Rooms

Due to the presence of flanking paths the measurement of Field Sound Transmission Class (FSTC) values is often not possible. However, the Noise Reduction (NR) between the two rooms may be assessed.

Noise Reduction (NR) is defined as:

$$NR = L_1 - L_2$$

where: L_1 = the average sound pressure level in the source room;
L_2 = average sound pressure level in the receiving room.

To take into account the reverberation time within the receiving room the Noise Reduction value may be normalized to a reference reverberation time of 0.5 seconds.

$$NNR = L_1 - L_2 + 10 \log(T/0.5)$$

where: NNR = Normalized Noise Reduction;
T = reverberation time in seconds.

Field Transmission Loss (FTL) and Field Sound Transmission Class (FSTC) measurements may be made if the flanking is not significant. Unfortunately, flanking paths are normally very dominant in constructed office partitions.

Partition Performance Influencing Other Building Quality Issues

In the attempt to achieve speech privacy, modifications may be implemented on the partition which have negative affects in other areas. A common situation encountered is the construction of partitions from slab to slab without any provision for the return air path. Without providing a return air path the effectiveness of the mechanical system in controlling room temperature and ensuring proper ventilation is seriously hampered.

A blocked return air plenum has sometimes been rectified by leaving a void in the section of the partition above the suspended ceiling. While this alleviates the return air plenum issues, it does little for ensuring that the acoustical attenuation through the wall will be at the desired level. The solution to this problem must address both the attenuation of sound across the partition as well as the provision for the return air path to remain continuous. The insertion of a lined elbow duct is a common and practical solution to this problem.

Partitions installed to the underside of a suspended ceiling will not normally provide speech privacy. Corrective action such as installing glass fibre batts on the top of the suspended ceiling has attempted to improve this situation. The inclusion of batts on top of the suspended ceiling could lead to four concerns. The batts could effectively block any return air slots in the ceiling if the space above the ceiling is intended as a return air plenum. The possibility exists for small glass fibres to fall down from the plenum space into the workspace below. The insulation could raise the temperature of luminaries to a much greater level than desired. The integrity of the batts would be readily disturbed when access to the plenum space is required.

3.4.1 Stage I – Preliminary Assessment (Introduction)

The first stage or level of investigation involves 3 activities which may be incorporated collectively or individually. These activities include a plan and archive review; a walkthrough of the workspace, floor or building; and the solicitation of occupant responses and building management interviews.

This stage may often be used as a preparatory or introductory exercise to become familiar with the specific problem so that a detailed scope of work may be developed.

3.4.1.1 Description of Techniques

A plan and archive review will normally require the following documents:

a)	Architectural drawings;
b)	Architectural specifications;
c)	The project brief.

Table 3.4.2 Documents Required for the Stage I Evaluation of Partition Performance

The following factors are considered:

a)	Partition height;
b)	Partition construction and assembly;
c)	Interface between the partition and convectors;
d)	Interface between the partition and the slab;
e)	Interface between the partition and the ceiling;
f)	Interface between the partition and door frames;
g)	Selection of door, frames, and acoustical seals;
h)	Specified acoustical performance;
i)	Potential problems at the interface of work done by different trades;
j)	Compliance with the specified performance criteria with current codes, standards, practice and suitability of the criteria with the building utilization;
k)	Interface between the partition and the mechanical system.

Table 3.4.3 Factors Pertaining to Partition Performance to be Considered in the Plan and Archive Review

The Walkthrough

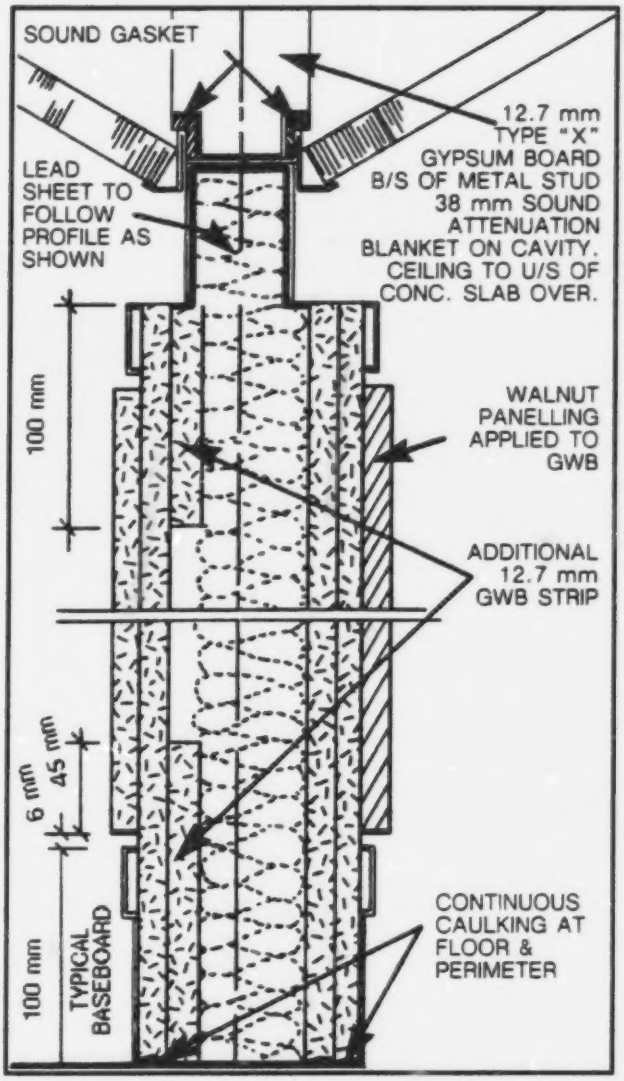
During the walkthrough, several factors are observed and noted. Photographs of the area in general and any specific details required are taken for documentation. The observations include the comparison of the "as-built" documents with the "as-is" conditions; the types of space being examined; the occupants' utilization of the space, existing and potential problem areas and thermal, visual and aural conditions which produce an unacceptable environment. During the walkthrough, an examination of the various types of partitions is made. Factors which are considered include:

a)	Partition height;
b)	Partition materials and assembly;
c)	Openings or penetrations through the partition;
d)	Clearances between the partition and the ceiling;
e)	Clearances between the partition and other vertical surfaces;
f)	Interface between the partition and convectors;
g)	Specified acoustical performance;
h)	Interface between the partition and the air supplies and returns;
i)	Existing ducts, conduits and plenum cables;
j)	Selection of door and frame components;
k)	Surface finishes;
l)	State of repair for acoustical seals and gaskets;
m)	Partition or ceiling components that rattle when the door is opened or closed.

Table 3.4.4 Factors Pertaining to Partition Performance to be Considered During the Walkthrough

The following is an example of the type of analysis which could be performed during a Stage I evaluation of partition systems:

EXAMPLE OF STAGE I ANALYSIS PLAN/ARCHIVE REVIEW



TYPICAL 52 STC DRYWALL PARTITION

Figure 3.4.4 Detail of a Partition for Consideration in the Stage I Analysis

Analysis and Comment:

The partition consists of three separate types of construction. The first section is from the floor to the closer panel at the underside of the ceiling. The second is the closer panel and the third section is the partition extension from the suspended ceiling to the underside of the concrete slab above.

While the portion of the partition from the floor to the underside of the closer panel may perform at or near the STC 52 rating, the other two sections can not be expected to achieve this performance.

The design of the partition enables the coffered ceiling system to carry through unchanged. In order to meet the performance of STC 52 it is essential that the partition be installed in a continuous and uninterrupted method from one slab to the other. This requires that the coffered ceiling system be modified so that it would abut the vertical partition.

The design is not complete. There is not enough information about the materials and construction of the plenum partition. This section appears to be thinner and thus the acoustical performance would be less than the exposed section of the partition.

There is not enough information regarding how the openings of this partition are to be handled. It is natural to expect that ducts, pipes, and cables will have to penetrate the partition somewhere. The construction process must also ensure that all cracks and openings in the partition are properly sealed.

The junction of the closer panel with the ceiling and the exposed partition is also of concern. The actual acoustical performance of this segment is thought to be less than the required STC 52 rating. There would be problems with sealing the lead liner with the exposed portion of the partition as well as sealing the joints in the liner. The specifications of the "sound gasket" liner, on the top of the suspended ceiling, do not indicate its material composition, acoustical performance or method of installation.

In summary, the acoustical performance of a partition is a function of the acoustical performance of its weakest component. Concerns about the plenum portion and the closer panel lead to the conclusion that the partition system does not perform to the required STC 52 level.

3.4.1.2 Equipment

This section is not applicable.

3.4.1.3 Detailed Procedure

This section is not applicable.

3.4.1.4 Assessment

The Walkthrough:

During the walkthrough, a cursory subjective evaluation of the partition's performance is conducted. This assessment is made by one person talking on one side of a partition

while another person listens and estimates the magnitude of speech transmitted through the partition. A visual examination of the partition, above and below the ceiling, will reveal much of its acoustical properties.

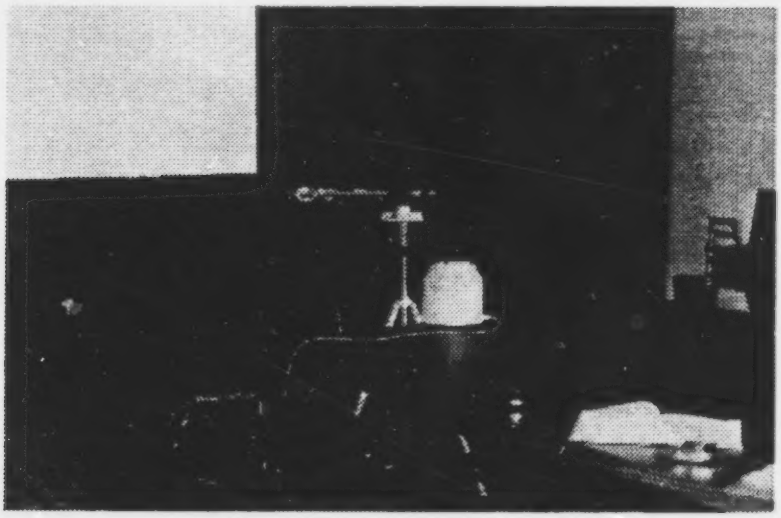
In a walkthrough of a building evaluated by the Building Performance Division several comments were made about a folding door in a training room. The following is an excerpt of a Stage I analysis.

Folding Door in Training Rooms

Prior to the walkthrough, a review of the specifications was undertaken. Section 10620 of the specifications states:

a) "Design and fabricate folding partitions with minimum STC of 49 to ASTM E-90 tested on minimum 9 m^2 test opening;
b) Provide flexible vinyl sound seals to manufacturer's standard, continuous multi-fingered vinyl;
c) Use retractable compression type floor and head seals;
d) Design retractable floor drop-seals to secure panel bottom in position;
e) Use manufacturer's standard astragal inserts for jamb and panel joint seal;"

The photographs below show the door assembly:



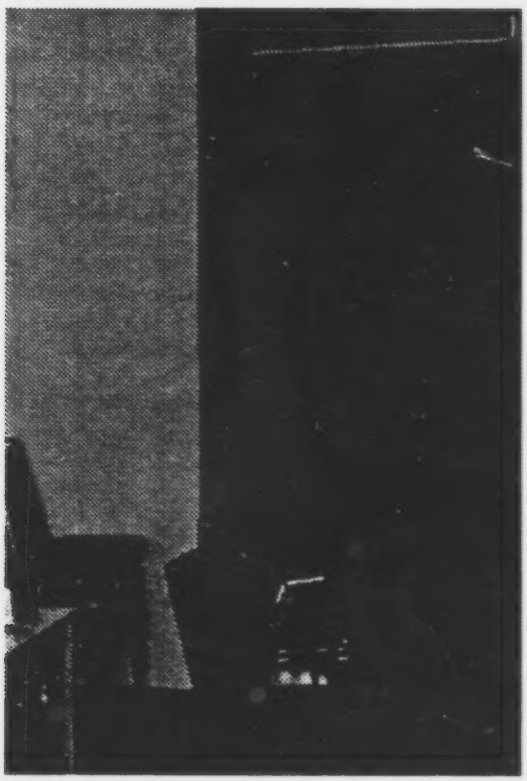


Figure 3.4.5 Folding Partition in the Training Room.

A visual inspection of the folding door assembly revealed the following points which would result in relatively poor attenuation performance:

a) The space between the panels varied from 1 mm to 7 mm in 3 locations during inspection;
b) The end panels did not close properly into the jamb sections (12 mm gap);
c) There was a clearance of approximately 10 mm between the floor and the bottom of the door;
d) There was a clearance of approximately 12 mm between the top of the folding door and the top track;
e) There was no separation between the concrete slab and the raised floor;
f) The gypsum separator in the plenum had been punctured by conduits and not sealed;
g) The joints in the gypsum separator in the plenum had not been sealed;
h) There was a 20 to 25 mm gap between the ceiling track and the folding door assembly.

Conclusions:

These factors significantly affect the performance of the folding door assembly, although measurements did indicate that speech privacy should be expected if the speaker and the listener were each a minimum distance of 2 m from the wall (the total separation being 4 m) with speech being at a normal conversation level.

3.4.1.5 Resource Allocation and Timing

Allow 1 hour for each room or assembly being examined during the walkthrough stage.

3.4.1.6 Documentation: Creation and Retention of Working Papers

Observations and initial assessments are entered in a log book or recorded on a pocket tape recorder. These observations are usually documented in a project memo.

3.4.2 Stage II – Simple Measurement Techniques

The second stage of investigation is Simple Measurement Techniques. The term "simple" refers to the operation and application of the instrumentation and assessment package and not to the level of complexity within the instrumentation itself.

3.4.2.1 Description of Techniques

Noise Reduction measurements determine the magnitude of sound attenuation provided by a permanent office partition. The sound pressure level generated by a broadband source in an office is measured both inside and outside of the office. The difference in dB between the two measured quantities is the attenuation of the office partition system. The overall attenuation value, in dB(A), is determined as well as each one-third octave band.

The test procedure measures the sound isolation between two rooms. During the evaluation, all sound paths are measured including direct paths through the partition, and indirect or flanking paths around the partition.

Some of the problems with field measurement result from:

a) influence on the level measured in the receiving and source rooms;
b) the amount of energy transferred to the test partition;
c) problems with flanking;
d) room size, particularly with regard to the low frequency noise.

It should be noted again that a substantial difference may exist between the transmission loss value measured in the field and the STC value measured in a laboratory. Thus, it is recommended that the STC value be used in the field as a guide only.

3.4.2.2 Equipment

The following Bruel and Kjaer equipment is used by the Building Performance Division to assess the performance of partitions:

Type 4205 sound power source
Type HP1001 speaker
Type 2131 digital frequency analyzer
Type 4220 pistonphone
Type 4230 calibrator
Type 2619 preamplifier
Type 4165 microphone
Type 7400 digital cassette recorder
miscellaneous cables, tripod connectors as required.

Table 3.4.5 Equipment Used by the Building Performance Division in the Assessment of Partition Performance

The equipment configuration is shown in the diagram below:

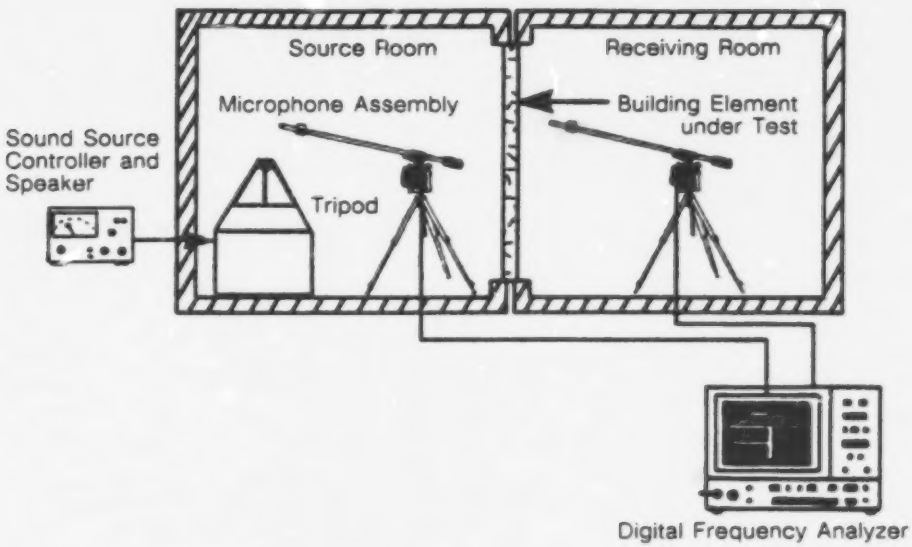


Figure 3.4.6 Block Diagram of the Equipment Configuration for the Assessment of Partition Performance

3.4.2.3 Detailed Procedure

a)	The type of partition and any special features such as doors, side lights, construction and height of the partitions are noted;
b)	The digital frequency analyzer is calibrated using a pistonphone and a calibrator in accordance with the manufacturer's instructions. These references calibrate the analyzer in the one-third octave bands of 250, 315 and 1000 Hz.
c)	The equipment is operated in accordance with the manufacturer's instructions;
d)	The sound source is placed in a corner of the room away from the test specimen;
e)	The microphone is set at 1.1 metres above the floor at least 1 metre away from the test surface and at least 1.5 metres from the sound source. Another microphone is placed using the same criteria in the receiving room;
f)	A number of measurements are made in both the source and the receiving room. This becomes a test constraint when evaluating the partition within a small office.
g)	The difference between the ambient sound pressure level and the measured value during the test in the receiving room shall be at least 10 dB.
h)	The measurement is conducted twice, once with all office doors open and then with them closed. The repetition of the test provides comparative data.

Table 3.4.6 Stage II Procedure for the Assessment of Partition Performance

3.4.2.4 Assessment

The partition's noise reduction is calculated as previously described in section 3.4. If the reverberation time of the receiving room is known then these values may be normalized to 0.5 second.

3.4.2.5 Resource Allocation and Timing

The following time intervals may be considered as a guide in conducting a Stage II evaluation:

a)	check, pack and ship equipment to the site:	4 hours
b)	set up the instrumentation at each test site:	1 hour
c)	conduct test for each site:	1 hour
d)	pack equipment for return shipment:	3 hours
e)	analysis and documentation for each location:	4 hours

Travel time to and from the site are not included in the above totals. The final estimates of time can only be determined after the scope of work for a specific project has been fully defined. It should be noted that these times relate only to the examination of partition performance. The analysis of this criteria in conjunction with other acoustical analysis would ultimately reduce the total time requirements.

3.4.2.6 Documentation: Creation and Retention of Working Papers

Documentation for this stage is documented in the form of a project report. Recommendations for retrofit, if required, are included in the report.

3.4.2 Stage III - Specialized In-Depth Monitoring

This section is not applicable.

3.5 NOISE-INDUCED HEARING LOSS

The primary goal of any acoustical evaluation is to ensure that the occupants of a building are not exposed to a potential cause of either temporary or permanent damage to the hearing system. Fortunately, the noise levels within the "typical" office are considerably lower than those required to cause such problems. However, areas such as mechanical system rooms may create noise levels that approach the point where concern is warranted. Light industrial equipment operated by the occupants, such as paper shredders, or printing facilities, should also be examined. Two types of exposure exist. Damage may result from the cumulative effect of continuous high noise levels as well as from short term exposure to short-duration noise peaks.

Exposure to excessive noise may result in:

a)	Damage to the hearing system;
b)	Dilation of the pupils;
c)	Increased hormone production from the thyroid;
d)	Increased heart rate;
e)	Increased production of adrenalin and corticotrophine;
f)	Stomach and abdomen movement;
g)	Muscle reaction;
h)	Constriction of blood vessels.

Table 3.5.1 Effects of Exposure to Excessive Noise

This is a health and safety issue and the maximum allowable exposure to noise is set through federal and provincial legislation. The maximum allowable noise exposure for 8 hours is 90 dB(A) before a potential for noise-induced hearing loss exists. By comparison, noise levels within a typical office will fluctuate generally between 50 and 70 dB(A). The difference between the noise levels within the office and those which could cause physical damage is extremely significant. In most office environments the issue is acoustical comfort and not health and safety. When excessive noise levels exist, the solution must address the reduction of noise, either at the source or along its path, or the reduction of the effect of the noise on the listener. It is important, however, that the use of personal hearing protection not be considered a long-term or final solution.

Corrective action focuses on one or more of the following factors:

a)	The source: it may be possible to modify the noise generating unit in order to reduce both the quantity of noise generated and its sound radiating characteristics;
b)	The path: sound absorbing materials or barriers may be added to help attenuate the noise;
c)	The receiver: while personal hearing devices are not a permanent solution, the noise exposure which the receiver is subjected to may be decreased by reducing the total time exposure to the noise.

Table 3.5.2 Reduction in Excessive Noise Levels

Nearly everyone has experienced a reduction in hearing acuity following a moderately long exposure to noise. An example of such exposure would be driving a motorcycle or operating a chain saw. This shift in a person's hearing sensitivity is temporary and is caused by fatiguing of the hair cells on the basilar membrane of the inner ear. Continued long-term exposure to high levels of noise may result in the shift in the threshold of auditory acuity becoming permanent.

The time required for a permanent shift to occur is a function of the following factors:

a)	The level or the amplitude of the noise;
b)	The duration of the exposure;
c)	The type of noise (continuous, impact,etc.);
d)	The frequency of the noise;
e)	The sensitivity of the individual being exposed.

Table 3.5.3 Factors Affecting an Individual's Shift in Auditory Threshold

The process of evaluating a person's hearing acuity is known as audiometry. In situations in which excessive noise levels exist, all employees who are exposed to these levels should be given an audiometric evaluation as a pre-employment requirement. By implementing a regular programme of audiometric evaluation, any future loss of hearing may be detected.

Major building equipment such as mechanical systems may provide sufficient acoustical emissions to result in a health and safety concern. Even though personnel are not normally exposed to these areas for extended periods of time, caution is warranted so that the sound pressure levels are monitored and hearing protection is used if the levels are excessive.

Occupant equipment will sometimes produce sound levels which are in excess of 90 dB(A). In such situations corrective action is required at either the source, the path or at the receiver.

The criteria for limiting the risk of hearing damage to an acceptable level are based on the limiting the maximum noise exposure to an equivalent steady state noise level of 90 dB(A). Noise levels greater than 90 dB(A) are permitted but only if the exposure time is reduced. A 5 dB(A) increase in exposure is accompanied by a halving of the exposure duration to give the same noise exposure.

The following table summarizes the maximum permitted noise exposure at a worksite:

Sound Pressure Level dB(A) re: 2 x 10^{-5} Pascals Slow Response	Maximum Number of Hours of Exposure per Employee per Day
more than 87 but less than 90	8
more than 90 but less than 95	4
more than 95 but less than 100	2
more than 100 but less than 105	1
more than 105 but less than 110	0.5
more than 110 but less than 115	0.25
more than 115	0

Table 3.5.4 Exposure Limits to Excessive Noise as Defined by the Canada Labour Code

The base limit of 90 dB(A) and the halving factor of 5 dB(A) varies in provincial legislation.

3.5.1 Stage I - Preliminary Assessment (Introduction)

3.5.1.1 Description of Techniques

The first stage or level of investigation involves three activities which may be incorporated collectively or individually. These activities include a plan and archive review, a walkthrough of the workspace, floor, building, and the solicitation of occupant responses and building management interviews.

This stage may often be used as a preparatory or introductory exercise to become familiar with the specific problem so that a detailed scope of work may be developed.

At this stage, relevant building documents are reviewed to determine whether there are any potential sources of excessive noise levels. The review includes general construction methods, materials and the specified noise levels.

The following documents are usually required:

a)	Mechanical plans and specifications;
b)	Building brief;
c)	Record of occupant complaints;
d)	List of client-operated equipment.

Table 3.5.5 Documents Required for the Stage I Assessment of Noise Induced Hearing Loss

Excessive noise may be the product of the building's systems (mechanical or electrical) or occupant-operated equipment such as a paper shredder or printing facility.

3.5.1.2 Equipment

During the walkthrough a portable sound level meter may be used to collect ambient sound level data. Normally, overall dB(A) values would be measured for comparison with the applicable safety and health regulations. The use of a one-third octave or full octave filter set would also provide further information on the composition of the ambient sound. The use of a noise dosimeter can also monitor the excessive noise levels over a longer period of time.

The Bruel and Kjaer equipment used by the Building Performance Division of Public Works consists of:

Type 2209 sound level meter;
Type 1616 one-third octave filter set;
Type 2231 sound level meter;
Type 1625 one-third and full octave filter set;
Type 4434 dosimeter.

Table 3.5.6 Equipment Used by the Building Performance Division in the Assessment of Noise Induced Hearing Loss

3.5.1.3 Detailed Procedure

During the walkthrough sample measurements of the ambient sound levels may be taken. The use of a sound level meter shall conform to the manufacturer's operational instructions. Of importance is the need to reduce the influence of the operator on the measurement by not placing the microphone too close to a source of noise generation. Measurements should be taken in the positions normally occupied by the occupant. Although the overall dB(A) values will give an indication if excessive noise levels are present, these measurements will not give an evaluation of the actual level of noise to which a person has been exposed during the complete working day.

Consider a machine which generates 90 dB(A), measured at the position of the operator. If the acoustical emission was constant and if the operator was stationary in that one position for 8 consecutive hours, the level of noise exposure would be 90 dB(A). However, since people are seldom stationary for such extended periods of time it is likely that the operator would be in other areas of the building in which the exposure to noise may be greater or less. It is the total exposure to noise during the work day which should be assessed.

A noise dosimeter is useful for this purpose. The dosimeter is a small lightweight monitor which is designed to be worn in the shirt pocket of the employee. Thus, the total exposure during the course of the day may be evaluated. Care should be taken that the tasks done on the day of monitoring are representative of the noise levels typically experienced.

3.5.1.4 Assessment

The overall dB(A) or the value from the dosimeter is compared to the applicable safety and health limits. Overall dB(A) will give an indication if the noise levels are in the hazardous range but the dosimeter is required to make an assessment of the total exposure to noise during the work day.

3.5.1.5 Resource Allocation and Timing

One to two person days are normally sufficient to perform a Stage I evaluation if there are a limited number of areas in which excessive levels may be present. If the potential problem is wide spread, i.e. a large processing plant, additional time may be required.

3.5.1.6 Documentation: Creation and Retention of Working Papers

All measurements are recorded in a log book. The results of the measurement are normally documented in a project memo.

3.5.2 State II - Simple Measurement Techniques

This section is not applicable.

3.5.3 State III - Specialized In-Depth Monitoring

This section is not applicable.

4. REFERENCES

American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers (ASHRAE). **1976 Systems Handbook**. Atlanta: ASHRAE, 1976.

American Society for Heating, Refrigerating and Air Conditioning for Engineers (ASHRAE). **ASHRAE 1980 Systems Volume, Chapter 35, Sound and Vibration Control**.

American Society for Testing and Materials (AST M), **ASTM C634 Standard Definitions of Terms Relating to Environmental Acoustics**. Philadelphia: ASTM, 1979.

Beranek, L.L. **Noise and Vibration Control**. New York: McGraw-Hill, 1971.

Bruel and Kjaer. **Noise and Vibration Pocket Handbook**. Copenhagen: Bruel and Kjaer, (no date).

Canada Labour Code. **Canada Occupational Safety and Health Regulations, Part VII, Levels of Sound**. Ottawa: Queen's Printer for Canada, 1986.

Ginn, K.B. **Application of B&K Equipment to Architectural Acoustics**. Naerum: Bruel and Kjaer, 1978.

Hassal, J.R. Zaveri, K., **Acoustics Noise Measurements**. Naerum: Bruel and Kjaer, 1978.

Hawley, R. L. **Acoustics and the Open Office, Office Ergonomics Review**. Toronto: Descom Publications, July/August 1985.

Hegvold, L.W. **Acoustical Design of Open-Planned Offices (CBD 139)**. Ottawa: National Research Council, 1971

International Organization for Standardization. **Acoustics, Vibration and Shock**. Switzerland: International Organization for Standardization, 1980.

Lawrence, A. **Architectural Acoustics**. Applied Science Publishers.

Lees, R. and Dunn, G. **Hearing Conservation and Audiometry**. Kingston: International Academic Services, Ltd., no date

Northwood, T.D. **Room Acoustics - Design for Listening (CBD 92)**. Ottawa: National Research Council, 1967.

Northwood, T.D. **Sound and People (CBD 41)**. Ottawa: National Research Council, 1963.

Northwood, T.D., **Noise Transmission in Buildings (CBD 10)**. Ottawa: National Research Council, 1962.

Parkin, P.H. and Humphries, H.R. **Acoustics, Noise and Buildings**. London: Faber and Faber, 1970.

Rettinger, M. **Acoustics Design and Noise Control**. New York: Chemical Printing Co., Inc., 1973.

Smith, T.J.B.. **Noise Control in Open-Plan Offices**. Noise and Vibration Reduction. April, 1975.

Warnock,A.C.C. **Acoustical Effects of Screens in Landscaped Offices (CBD 164)**. Ottawa: National Research Council, 1974.

Warnock, A.C.C. and McCool, C.A. **Design of Open Office Acoustical Environment**. Ottawa: Public Works Canada, July 1975.

5. APPENDICES

5.1 STANDARD TERMS AND UNITS OF MEASUREMENT

Primary references: ASTM C634 Standard Definitions of Terms Relating to Environmental Acoustics; USA Standard Acoustical Terminology.

A-Scale Sound Level - (dB(A)) - the A-scale discriminates against the lower frequencies to approximate the auditory sensitivity of the human ear at moderate sound levels.

absorption - the conversion of sound energy into another form of energy, usually heat, when passing through an acoustical medium.

absorption coefficient - ratio of sound absorbing effectiveness, at a specific frequency, of a unit area of acoustical absorbence to a unit area of perfectly absorptive material.

acoustical material - any material considered in terms of its acoustical properties, commonly a material designed to absorb sound.

airborne sound - sound that arrives at the point of interest, such as one side of a partition, by propagation through air.

ambient noise - the composite of airborne sound from many sources near and far associated with a given environment. No particular sound is singled out for interest.

anechoic room - a room whose boundaries effectively absorb all incident sound over the frequency range of interest, thereby creating essentially free field conditions.

articulation index (AI) - the articulation index is a numerically calculated measure of the intelligibility of speech. It takes into account the limitations of the transmission path and the background noise. It can range in magnitude from 0.0 to 1.0 (worse to best for intelligibility and best to worse for privacy).

auditory threshold - the sound pressure level, for a specified frequency, at which persons, with normal hearing, begin to respond.

background noise - noise from all sources unrelated to a particular sound that is the object of interest. Background noise may include airborne, structure borne, and instrument noise.

damp - to cause a loss or dissipation of the oscillatory or vibrational energy of an electrical or mechanical system.

dead room - a dead room is a room that is characterized by an unusually large amount of sound absorption.

decay rate – (d): dB/s – for airborne sound, the rate of decrease of sound pressure level after the source of sound has stopped; for vibration, the rate of decrease of vibratory acceleration, velocity or displacement level after the excitation has stopped.

decibel – dB – the term used to identify a logarithmic mathematical ratio stated with reference to some level, for example, Sound Pressure Level (SPL) is measured in dB re 2. X 10^{-5} Pascals.

diffraction – a change in the direction of propagation of sound energy in the neighborhood of a boundary discontinuity, such as the edge of a reflective or absorptive surface.

diffuse sound field – the sound in a region where the intensity is the same in all directions and at every point.

field sound transmission class – (FSTC) – a single number rating derived from measuring values of field transmission loss in accordance with Classification E 413 (ASTM), Determination of Sound Transmission Class. It provides an estimate of the performance of the partition in certain common sound insulation problems.

field transmission loss – (FTL) – of a partition installed in a building, in a specified frequency band, the ratio expressed on the decibel scale, of the airborne sound power incident on the partition to the sound power transmitted by the partition and radiated on the other side.

flanking transmission – transmission of sound from the source to the receiving location by a path other than that under consideration.

free field – an environment in which there are no reflective surfaces within the frequency region of interest.

frequency – the frequency of a sine wave is the number of times it repeats itself in each second. In acoustics, the unit of frequency is the cycle per second, also known as Hertz (Hz).

insertion loss – (IL) – of a silencer or other sound reducing element, in a specified frequency band, the decrease in sound power level, measured at the location of the receiver, when a sound insulator or a sound attenuator is inserted in the transmission path between the source and the receiver.

level –(L) – ten times the common logarithm of the ratio of a quantity proportional to power or energy to a reference quantity of the same kind. The quantity is expressed in decibels.

level reduction – (LR) – in a specified frequency band, the decrease in sound pressure level, measured at the location of the receiver, when a barrier or other sound–reducing element is placed between the source and the receiver.

live room – a live room is a room that is characterized by an unusually small amount of sound absorption.

loudness – the intensive attribute of sound by which sounds are classified from quiet to loud.

masking – masking is the process by which the threshold of audibility for one sound is raised by the presence of another (masking) sound.

metric sabin – (L2) – the unit of measure of sound absorption in the SI system

noise criterion curves – NC curves are a series of criterion curves that portray sound pressure levels for background noises which generally should not be exceeded in various human environments.

noise reduction – (NR) – in a specified frequency band, the difference between the space–time average sound pressure levels produced in two enclosed spaces or rooms by one or more sound sources in one of them.

noise reduction coefficients – (NRC) – a single number rating derived from measured values of sound absorption coefficients in accordance with 11.7 of Method C 423 (ASTM), Test for Sound Absorption and Sound Absorption Coefficients by the Reverberation Room Method. It provides an estimate of the sound absorptive property of an acoustical material.

normal incidence sound absorption coefficient – (dimensionless) – of a surface, at a specified frequency, the fraction of the perpendicularly incident sound power absorbed or otherwise not reflected.

normal mode of a room – one of the possible ways in which the air in a room, considered as an elastic body, will vibrate naturally when subjected to an acoustical disturbance. With each normal mode is associated a resonance frequency and, in general, a group of wave propagation directions comprising a closed path.

pink noise – noise with a continuous frequency spectrum and with equal power per constant percentage bandwidth. For example, equal power in any one–third octave band, i.e. 6 dB/octave roll off.

receiving room – in architectural acoustical measurements, the room in which the sound transmitted from the source room is measured.

reverberant sound field – the sound in an enclosed or partially enclosed space that has been reflected repeatedly or continuously from the boundaries.

reverberation – the persistence of sound in an enclosed or partially enclosed space after the source of the sound has stopped; by extension, in some contexts, the sound that so persists.

reverberant room – a room so designed that the reverberant sound field closely approximates a diffuse sound field, both in the steady state when the sound source is on, and during decay after the sound source has stopped.

sound absorption – (1) the process of dissipating sound energy. (2) the property possessed by materials, objects and structures such as rooms of absorbing sound energy. (3) A; metric sabin – in a specified frequency band, the measure of the magnitude of the absorptive property of a material, an object, or a structure such as a room.

sound absorption coefficient – (a) dimensionless; metric sabin/m^2 – of a surface, in a specified frequency band, the measure of the absorptive property of a material as approximated by the method of Method C423 (ASTM) Test for Sound Absorption and Sound Absorption Coefficients by the Reverberation Room Method. Ideally, the fraction the randomly incident sound power absorbed or otherwise not reflected.

sound attenuation – the reduction of the intensity of sound as it travels from the source to a receiving location. Sound absorption is often involved as, for instance, in a lined duct. Spherical spreading and scattering are other attenuation mechanisms.

sound energy – (E) – energy added to an elastic medium by the presence of sound, consisting of potential energy in the form of deviations from static pressure and of kinetic energy in the form of particle velocity.

sound energy density – (D) – the quotient obtained when the sound energy in a region is divided by the volume of the region. The sound energy density at a point is the limit of that quotient as the volume that contains the point approaches zero.

sound insulation – the capacity of a structure to prevent sound from reaching a receiving location. Sound energy is not necessarily absorbed; impedance mismatch, or reflection back toward the source, is often the principal mechanism. Sound insulation is a matter of degree. No partition is a perfect insulator of sound.

sound intensity – (I); W/m^2 – the quotient obtained when the average rate of energy flow in a specified direction and sense is divided by the area, perpendicular to that direction, through or toward which it flows. The intensity at a point is the limit of that quotient as the area that includes the point approaches zero.

sound isolation – the degree of lack of acoustical connection. There are, in general, two ways to achieve a degree of sound isolation: by insulation, preventing the sound from reaching a receiving location, and by attenuation, reducing the intensity of sound as it travels toward a receiving location.

sound power – (W) – in a specified frequency band, the rate at which acoustic energy is radiated from a source. In general, the rate of flow of sound energy, whether from a source, through an area, or into an absorber.

sound power level – (Lw) – of airborne sound, ten times the common logarithm of the ratio of the sound power under consideration to the standard reference power of 1 pW. The quantity so obtained is expressed in decibels.

sound pressure – (p); Pa – a fluctuating pressure superimposed on the static pressure by the presence of sound. In air, the static pressure is barometric pressure.

sound pressure level – (Lp) – of airborne sound, ten times the common logarithm of the ratio of the square of the sound pressure under consideration to the square of the standard reference pressure of 20 uPa. The quantity so obtained is expressed in decibels. Note, the pressures are squared because pressure squared, rather than pressure is proportional to power or energy.

sound transmission class – (STC) – a single number rating derived from measured values of transmission loss in accordance with Classification E 413 (ASTM), Determination of Sound Transmission Class. It provides an estimate of the performance of a partition in certain common sound insulation problems.

sound transmission coefficient – dimensionless – of a partition, in a specified frequency band, the fraction of the airborne sound power incident on the partition that is transmitted by the partition and radiated on the other side.

sound transmission loss – (TL) – of a partition, in a specified frequency band, ten times the common logarithm of the ratio of the airborne sound power incident on the partition to the sound power transmitted by the partition and radiated on the other side. The quantity so obtained is expressed in decibels.

specific airflow resistance – (r) – the product of the airflow resistance of a specimen and its area. This is equivalent to the quotient of the air pressure difference across the specimen divided by the linear velocity, measured outside the specimen, of airflow through the specimen.

structure borne sound – sound that arrives at the point of interest, such as the edge of a partition, by propagation through a solid structure.

thermal insulation – a material or assembly of materials used primarily to provide resistance to heat flow.

vibration isolation – a reduction, attained by the use of a resilient coupling, in the capacity of a system to vibrate in response to mechanical excitation.

white noise – noise with a continuous frequency spectrum and with equal power per unit bandwidth. For example, equal power in any band of 100 Hz width.

5.2 GOVERNING AUTHORITIES AND REGULATIONS

This section is a summary of pertinent standards and guidelines which pertain to the field assessment of environmental acoustics.

AMBIENT NOISE MEASUREMENTS

Instrumentation:

Methods for the Measurement of Sound Pressure Levels ANSI S1.13
Specification for Sound Level Meters ANSI S1.4
Preferred Frequencies and Band Numbers for Acoustical Measurements ANSI S1.6

GUIDELINE

ENVIRONMENT	TYPICAL BACKGROUND NOISE dB(A) re: 2×10^{-5} Pa	
Professional/clerical (no machines)	35 dB(A)	Very quiet
Professional/clerical (some machines)	40 dB(A)	Quiet
Small drawing office	40 dB(A)	Quiet
Clerical and numerous machines	45 dB(A)	Acceptable
Large clerical and numerous machines	50 dB(A)	Noisy

Table 5.2.1 Performance Criteria for Building System Sound Levels (unoccupied): Typical Background Noise

Reference: National Research Council Canadian Building Digest Number 139.

Note: The use of overall dB(A) values is not recommended for use as performance criteria since the overall value does not give any insight into the spectral composition of the sound.

AMBIENT NOISE MEASUREMENTS

GUIDELINE

NC RANGE	APPLICATION
25 - 30	Executive offices; small conference rooms; communications up to 6 metres with normal speech plus 5 dB; conference rooms for up to 50 people, communications with normal speech plus 10 dB.
30 - 35	Small private or semi-private offices - communications up to 3 metres metres with normal speech; conference room for 15 people - communications with normal speech plus 10 dB.
35 - 45	General open offices; drafting rooms; speech at 1.8 metres; telephone use, limited machine noise; communication with normal speech.
40 - 50	Halls and corridors; typing pools, light office equipment; intermittent communications 1 to 2 metres with normal speech plus 5 dB; business machine room; some communication with raised voice at 1 to 2 metres.

Table 5.2.2 Performance Criteria for Building System Sound Levels (unoccupied): Noise Criteria (NC)

Reference: ASHRAE System Handbook, 1980, page 35.16 and the National Research Council anada Building Digest Numbers 41 and 51.

AMBIENT NOISE MEASUREMENTS

GUIDELINE

PNC VALUE	APPLICATION
less than 35	Large meeting and conference rooms for 50 people in which voice amplification is present
30 - 40	Private or semi-private offices, small conference rooms, libraries
35 - 45	Open office and reception areas
45 - 55	Computer and business equipment rooms
40 - 50	Lobbies and corridors

Table 5.2.3 Performance Criteria for Building System Sound Levels (unoccupied): Preferred Noise Criteria (PNC)

Reference: Beranek, L.L. Noise and Vibration Control. 1971

AMBIENT NOISE MEASUREMENTS

GUIDELINE

RC VALUE	APPLICATION
25 - 30	Executive offices, conference rooms
30 - 35	Private offices
35 - 40	Open-plan offices
40 - 45	Computer/business machine areas and public circulation space

Table 5.2.4 Performance Criteria for Building System Sound Levels (unoccupied): Room Criteria (RC)

Reference: ASHRAE Systems Handbook, 1980, page 35.16.

SOUND PROPAGATION

Instrumentation:

Methods for the Measurement of Sound Pressure Levels ANSI S1.13
Specification for Sound Level Meters ANSI S1.4
Preferred Frequencies and Band Numbers for Acoustical Measurements ANSI S1.6

Calculation:

Calculation of Articulation Index ANSI S3.5

Performance Criteria for Sound Propagation in the Open Office:

Unfurnished Base Building: Attenuation should be at least 4 dB per doubling of distance from the source.

Furnished Building: Attenuation should be at least 5 dB per doubling of distance from the source.

Reference Case Studies Conducted by the Building Performance Division.

REVERBERATION TIME

Unit of Measurement: Seconds
RULE OF THUMB

Performance Criteria for Reverberation in Open and Closed Offices:

Reverberation time for open and closed offices should not exceed 0.6 seconds. The lower the reverberation time, the better.

Reference Case Studies Conducted by the Building Performance Division.

AMBIENT NOISE MEASUREMENTS

GUIDELINE

PNC VALUE	APPLICATION
less than 35	Large meeting and conference rooms for 50 people in which voice amplification is present
30 - 40	Private or semi-private offices, small conference rooms, libraries
35 - 45	Open office and reception areas
45 - 55	Computer and business equipment rooms
40 - 50	Lobbies and corridors

Table 5.2.3 Performance Criteria for Building System Sound Levels (unoccupied): Preferred Noise Criteria (PNC)

Reference: Beranek, L.L. Noise and Vibration Control. 1971

AMBIENT NOISE MEASUREMENTS

GUIDELINE

RC VALUE	APPLICATION
25 - 30	Executive offices, conference rooms
30 - 35	Private offices
35 - 40	Open-plan offices
40 - 45	Computer/business machine areas and public circulation space

Table 5.2.4 Performance Criteria for Building System Sound Levels (unoccupied): Room Criteria (RC)

Reference: ASHRAE Systems Handbook. 1980. page 35.16.

SOUND PROPAGATION

Instrumentation:

Methods for the Measurement of Sound Pressure Levels ANSI S1.13
Specification for Sound Level Meters ANSI S1.4
Preferred Frequencies and Band Numbers for Acoustical Measurements ANSI S1.6

Calculation:

Calculation of Articulation Index ANSI S3.5

Performance Criteria for Sound Propagation in the Open Office:

Unfurnished Base Building: Attenuation should be at least 4 dB per doubling of distance from the source.

Furnished Building: Attenuation should be at least 5 dB per doubling of distance from the source.

Reference Case Studies Conducted by the Building Performance Division.

REVERBERATION TIME

Unit of Measurement: Seconds
RULE OF THUMB

Performance Criteria for Reverberation in Open and Closed Offices:

Reverberation time for open and closed offices should not exceed 0.6 seconds. The lower the reverberation time, the better.

Reference Case Studies Conducted by the Building Performance Division.

PARTITION PERFORMANCE

Unit of Measurement: Sound Transmission Class (STC)

Instrumentation and Assessment:

Methods for the Measurement of Sound Pressure Levels ANSI S1.13
Specification for Sound Level Meters ANSI S1.4
Preferred Frequencies and Band Numbers for Acoustical Measurements ANSI S1.6
Measurement of Airborne Sound Insulation in Buildings ASTM E-336

Performance Criteria for Partition Systems
GUIDELINE

If the partition is to be constructed only to the underside of the suspended ceiling then little acoustical benefit is gained by specifying a high quality partition system.

An STC 45 partition will generally provide adequate speech privacy if it is constructed from slab to slab and if all penetrations are sealed.

An STC 52 partition will generally provide confidentiality if care is taken to ensure that the construction is continuous from slab to slab and if all penetrations are sealed.

For all partitions rated greater than STC 40, it is recommended that the suspended ceiling system abut the partition and that the partition be continuous from slab to slab.

Reference Case Studies Conducted by the Building Performance Division.

NOISE INDUCED HEARING LOSS

Instrumentation:

Methods for the Measurement of Sound Pressure Levels ANSI S1.13
Specification for Sound Level Meters ANSI S1.4
Preferred Frequencies and Band Numbers for Acoustical Measurements ANSI S1.6

LEGISLATED VALUES

Sound Pressure Level dB(A) re: $2X10^{-5}$ Pascals Slow Response	Maximum Number of Hours of Exposure per Employee per Day
more than 87 but less than 90	8
more than 90 but less than 95	4
more than 95 but less than 100	2
more than 100 but less than 105	1
more than 105 but less than 110	0.5
more than 110 but less than 115	0.25
more than 115	0

Table 5.2.5 Performance Criteria for the Prevention of Noise Induced Hearing Loss

Reference: Canada Labour Code. Canada Occupational Safety and Health Regulations. Part VII. Levels of Sound. Queen's Printer for Canada. Ottawa. 1986.

5.3 BUILDING PERFORMANCE EVALUATION DOCUMENT LIST

Documents in this series have been divided into four classes. Class A documents describe the use of documents in the other three classes. Class B is a catalogue of tests which includes an index and cross reference list. Class C documents provide an overview of the three performance areas and summarize the Class D documents in the respective area. Class D documents contain descriptions of performance attributes and detail means of assessing those attributes.

	A1	Project Manager's Guide
	A2	Property Manager's Guide
	B1	Catalogue of Tests
Overviews	C1	Environmental and Energy Performance
	C2	Functional Performance
	C3	Systems and Material Performance
Environmental and Energy Performance	D01	Pollutant Evaluation
	D02	Pollution Migration
	D03	Thermal Environment Evaluation
	D04	Global Evaluation: Energy Performance
	D05	Component Evaluation: Energy Performance
	D06	Equipment and Systems Evaluation: Energy Performance
	D07	Retrofit Evaluation: Energy Performance
	D08	Acoustic Environment Evaluation
	D09	Air Circulation Evaluation
	D10	Illumination Evaluation
	D11	Weather Data Collection
Functional Performance	D20	Record and Archive Analysis
	D21	Plan Annotation
	D22	Focused Interviews
	D23	Questionnaires
	D24	Observation
Systems and Material Performance	D30	Structural Walls and Columns: Condition Survey
	D31	Structural Slabs and Roofs: Condition Survey
	D32	Parking Garages: Condition Survey
	D33	Mechanical Systems Evaluation
	D34	Mechanical Controls Evaluation
	D35	Electrical Systems Evaluation
	D36	Airtightness and Pressure Monitoring
	D37	Measurement of Outdoor Air Supply Rate
	D38	Thermographic Inspections of Building Enclosures
	D39	Thermal Resistance Measurement
	D40	Moisture Content Inspections
	D41	Roofing Systems Evaluation

Travaux publics Canada
Services d'architecture et de génie

Public Works Canada
Architectural and Engineering Services

Série sur l'évaluation du rendement des immeubles

Évaluation de l'environnement acoustique

Document D08

Canada

Série sur l'évaluation
du rendement des immeubles

Évaluation de l'environnement acoustique

Document D08

SAG 1-4:86-28

mars 1988

Le ministre des Travaux publics ne fait aucune recommandation ou n'endosse sous quelque forme que ce soit, exprimée ou tacite, cette publication ou les programmes ou l'information qu'elle contient quant à la qualité, la commercialisabilité, l'adéquation à une fin particulière ou la capacité à produire un résultat quelconque. En aucun cas, le Ministre ou Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, ses employés, fonctionnaires ou agents gouvernementaux ne peuvent être tenus légalement responsables à l'égard de quiconque pour un préjudice direct, indirect ou découlant de l'utilisation de ladite publication ou des programmes ou de l'information y contenus.

Publiés par les Services d'architecture et de génie
Travaux publics Canada

Travaux publics Canada | Public Works Canada

FICHE SIGNALÉTIQUE DE DOCUMENT

1. Titre du document ÉVALUATION DE L'ENVIRONNEMENT ACOUSTIQUE	2. Numéro de contrôle AES/SAG 1-4:86-28
	3. Date Mars 1988
4. Auteur(s) R. Hawley	5. No de réf. du conseil
6. Chargé de projet	7. No de la collection technique DO8
8. Nom et adresse de l'organisme rédacteur Division du rendement des immeubles, T.P.C. Local C-456, Édifice Sir Charles Tupper Promenade Riverside, Ottawa, Ontario, K1A 0M2 Téléphone: (613) 998-7830	9. Type de document Lignes directrices
	10. Nombre de pages 83
11. Nom et adresse de l'organisme promoteur Technologie du design, de la construction et de l'immobilier Programmes de soutien à la gestion immobilière fédérale Logement	12. No de dossier de TPC A4270-16
	13. No de projet de TPC 602055
14. Notes Toutes questions ou commentaires doivent être dirigés à l'organisme rédacteur, se référer à 8 ci-haut.	15. No de publication de ASC
	16. ISBN

17. Résumé

La réussite ou l'échec d'un environnement acoustique est lié au type d'endroit et de son usage. Comme ces derniers varient avec le genre d'immeuble, il en est de même pour le niveau prévu du rendement acoustique. Le niveau souhaité et les exigences acoustiques requises pour un minimum d'intimité dans un bureau de travail diffèrent de ceux exigés pour limiter les pertes d'audition dans le milieu industrialisé.

Ce document traite des cinq plus importants éléments qui peuvent être quantifiés dans l'environnement typique des bureaux. Ces éléments sont les suivants: niveaux sonores ambients, propagation du son dans les bureaux à aires ouvertes, temps de réverbération, et perte de transmission à travers les cloisons, et la perte d'ouïe causée par le son. Chaque aire d'investigation est divisée en 3 étapes, chacune débute par une étude des plans et archives, pour ensuite se diriger vers les techniques de mesures acoustiques simples puis, plus spécialisées avec de l'équipement sophistiqué. Il est possible ensuite d'identifier les conditions propices aux problèmes et d'en examiner leur impact sur les occupants.

18. Diffusion Exemplaires disponibles: Centre de documentation Services d'architecture et de génie Travaux publics Canada Édifice Sir Charles Tupper Promenade Riverside Ottawa, Ontario K1A 0M2	19. Mots clés	
	20. No de catalogue du centre de documentation BP DO8	21. Prix

DPW 2398 (86/09)

TABLE DES MATIÈRES

	PRÉFACE	*xi*
1.	**INTRODUCTION**	*1*
1.1	But et objectifs	*1*
1.2	Information de base	*2*
2.	**DÉLIMITATION DU SUJET**	*7*
2.1	Cadre général	*7*
2.2	Limites des techniques d'évaluation	*8*
3.	MÉTHODOLOGIE	*9*
3.1	Son ambiant	*9*
3.1.1	Étape I – Évaluation préliminaire (Introduction)	*17*
3.1.1.1	Description des techniques	*17*
3.1.1.2	Équipement	*18*
3.1.1.3	Démarche détaillée	*18*
3.1.1.4	Évaluation	*26*
3.1.1.5	Moment de l'évaluation et ressources à prévoir	*26*
3.1.1.6	Documentation: établissement et classement des documents de travail	*27*
3.1.2	Étape II – Techniques simples de mesure	*27*
3.1.2.1	Description des techniques	*27*
3.1.2.2	Équipement	*27*
3.1.2.3	Démarche détaillée	*28*
3.1.2.4	Évaluation	*30*
3.1.2.5	Moment de l'évaluation et ressources à prévoir	*31*
3.1.2.6	Documentation: établissement et classement des documents de travail	*32*
3.1.3	Étape III – Monitorage détaillé et spécialisé	*32*
3.1.3.1	Description des techniques	*32*
3.1.3.2	Équipement	*32*
3.1.3.3	Démarche détaillée	*33*
3.1.3.4	Évaluation	*33*
3.1.3.5	Moment de l'évaluation et ressources à prévoir	*36*
3.1.3.6	Documentation: établissement et classement des documents de travail	*36*
3.2	Propagation du son dans des bureaux sans cloisons (à aires ouvertes)	*36*
3.2.1	Étape I – Évaluation préliminaire (Introduction)	*39*
3.2.2	Étape II – Techniques simples de mesure	*39*

3.2.2.1	Description des techniques	*39*
3.2.2.2	Équipement	*41*
3.2.2.3	Démarche détaillée	*42*
3.2.2.4	Évaluation	*43*
3.2.2.5	Moment de l'évaluation et ressources à prévoir	*47*
3.2.2.6	Documentation: établissement et classement des documents de travail	*48*
3.2.3	Étape III – Monitorage détaillé et spécialisé	*48*
3.3	Temps de réverbération	*48*
3.3.1	Étape I – Évaluation préliminaire (Introduction)	*48*
3.3.1.1	Description des techniques	*48*
3.3.1.2	Équipement – sans objet –	*48*
3.3.1.3	Démarche détaillée	*49*
3.3.1.4	Évaluation	*49*
3.3.1.5	Moment de l'évaluation et ressources à prévoir	*49*
3.3.1.6	Documentation: établissement et classement des documents de travail	*49*
3.3.2	Étape II – Techniques simples de mesure	*49*
3.3.2.1	Description des techniques	*49*
3.3.2.2	Équipement	*50*
3.3.2.3	Démarche détaillée	*50*
3.3.2.4	Évaluation	*51*
3.3.2.5	Moment de l'évaluation et ressources à prévoir	*51*
3.3.2.6	Documentation: établissement et classement des documents de travail	*51*
3.3.3	Étape III – Monitorage détaillé et spécialisé – sans objet –	*51*
3.4	Perte de transmission à travers les cloisons	*51*
3.4.1	Étape I – Évaluation préliminaire (Introduction)	*56*
3.4.1.1	Description des techniques	*56*
3.4.1.2	Équipement – sans objet –	*59*
3.4.1.3	Démarche détaillée – sans objet –	*59*
3.4.1.4	Évaluation	*59*
3.4.1.5	Moment de l'évaluation et ressources à prévoir	*62*
3.4.1.6	Documentation: établissement et classement des documents de travail	*62*
3.4.2	Étape II – Techniques simples de mesure	*62*
3.4.2.1	Description des techniques	*62*
3.4.2.2	Équipement	*63*
3.4.2.3	Démarche détaillée	*64*
3.4.2.4	Évaluation	*65*
3.4.2.5	Moment de l'évaluation et ressources à prévoir	*65*

3.4.2.6	Documentation: établissement et classement des documents de travail	65
3.4.3	Étape III – Monitorage détaillé et spécialisé – sans objet –	65
3.5	Perte d'audition due au bruit	65
3.5.1	Étape I – Évaluation préliminaire (Introduction)	68
3.5.1.1	Description des techniques	68
3.5.1.2	Équipement	68
3.5.1.3	Démarche détaillée	69
3.5.1.4	Évaluation	69
3.5.1.5	Moment de l'évaluation et ressources à prévoir	70
3.5.1.6	Documentation: établissement et classement des documents de travail	70
3.5.2	Étape II – Techniques simples de mesure – sans objet –	70
3.5.3	Étape III – Monitorage détaillé et spécialisé – sans objet –	70
4.	**RÉFÉRENCES**	71
5.	**ANNEXES**	73
5.1	Termes et unités standards de mesure	73
5.2	Autorités compétentes et réglementation applicable	78
5.3	Liste de documents évaluant le rendement des immeubles	83

LISTE DES FIGURES

1.2.1	Courbe de pondération A approximant la réponse auditive type.	5
3.1.1	Tracé des niveaux de pression acoustique en dB(A) mesurés dans un bureau sans cloisons au cours d'une journée de travail.	11
3.1.2	Courbes du critère relatif à un bruit. (Courbes NC)	13
3.1.3	Courbes priviliégiées du critère relatif à un bruit. (Courbes PNC)	15
3.1.4	Courbes du critère relatif à une pièce. (Courbes RC)	16
3.1.5	Spectre typique de son ambiant.	31
3.1.6	Appareillage requis pour le monitorage à long terme des niveaux sonores ambiants.	33
3.1.7	Données de sortie typiques du logiciel analytique utilisé pour l'évaluation des données recueillies sur le son ambiant au cours d'une longue période.	34
3.1.8	Histogramme des données recueillies pendant une semaine.	35
3.2.1	Exemple de données utilisées pour déterminer l'indice d'articulation.	40
3.2.2	Appareillage de mesure de propagation du son.	42
3.2.3	Exemples de mesures de propagation du son dans un bureau type.	44
3.2.4	Tracé des bandes d'atténuation d'après une mesure de référence prise à 0.5 mètre de la source.	47
3.3.1	Courbes d'extinction des temps de réverbération.	50

3.4.1	Effets des fuites à travers une cloison.	53
3.4.2	Problèmes courants des cloisons.	54
3.4.3	Trajets de transmission sonore entre des pièces.	55
3.4.4	Détail d'une cloison analysée pour l'étape I.	58
3.4.5	Porte pliante dans une salle de formation.	61
3.4.6	Schéma général de la disposition du matériel pour l'évaluation du rendement d'une cloison.	64

LISTE DES TABLEAUX

1.2.1	Relation entre les changements du niveau de pression acoustique et la perception subjective de l'intensité du son.	4
3.1.1	Sources de son ambiant.	9
3.1.2	Effets de niveaux inadmissibles de bruit ambiant.	9
3.1.3	Exemples de caractéristiques du bâtiment ayant un effet sur les niveaux sonores ambiants.	10
3.1.4	Exemple où le niveau sonore ambiant affecte d'autres aspects de la qualité du bâtiment.	10
3.1.5	Niveaux de bruit de fond pour différents environnements.	12
3.1.6	Critères d'évaluation courants pour les niveaux acoustiques des installations mécaniques.	12
3.1.7	Valeurs du critère relatif au bruit pour des immeubles à bureaux.	14
3.1.8	Valeurs privilégiées du critère relatif au bruit (PNC) pour les immeubles à bureaux.	15
3.1.9	Critères recommandés pour la conception d'une pièce.	16
3.1.10	Appareillage utilisé par la Division du rendement des immeubles lors de l'inspection d'évaluation des niveaux sonores ambiants.	18
3.1.11	Documents qui peuvent être nécessaires à l'évaluation des niveaux sonores ambiants lors de l'étape I.	18
3.1.12	Données sur le son ambiant tirées des plans et devis d'architecture pour l'étape I.	19
3.1.13	Données sur le son ambiant tirées des plans et devis de mécanique pour l'étape I.	19
3.1.14	Données sur le son ambiant tirées de l'avant-projet pour l'étape 1.	20
3.1.15	Données sur le son ambiant tirées des archives - Fichier central - pour l'étape I.	20
3.1.16	Données sur le son ambiant tirées des archives - Rapports antérieurs - pour l'étape I.	20
3.1.17	Données sur le son ambiant tirées des archives - Données de consommation - pour l'étape I.	20
3.1.18	Éléments du bruit ambiant à considérer au cours d'une inspection.	24
3.1.19	Mesures du son ambiant couramment prises au cours d'une inspection.	24
3.1.20	Éléments du son ambiant à considérer au cours de l'analyse de l'occupation et de l'utilisation (source: occupants et gérant d'immeubles).	25
3.1.21	Éléments du son ambiant à considérer au cours de l'analyse de l'occupation et de l'utilisation (source: concierges).	25

3.1.22	Éléments du son ambiant à considérer au cours de l'analyse de l'occupation et de l'utilisation (source: personnel affecté aux installations spéciales).	26
3.1.23	Éléments du son ambiant à considérer au cours de l'analyse de l'occupation et de l'utilisation (source: sécurité du bâtiment).	26
3.1.24	Avantages de l'analyseur de fréquences à affichage numérique pour mesurer les niveaux sonores ambiants.	28
3.1.25	Appareillage utilisé par la Division du rendement des immeubles pour l'évaluation du son ambiant pour l'étape II.	28
3.1.26	Considérations relatives aux installations de couverture sonore pour l'étape II.	29
3.1.27	Considérations relatives à la source de son ambiant pour l'étape II.	29
3.1.28	Considérations relatives à l'adaptation du mode d'occupation pour l'étape II.	30
3.1.29	Éléments interdisciplinaires considérés au cours de l'évaluation du son ambient pour l'étape II.	30
3.1.30	Critères d'évaluation du bruit ambiant dans des locaux occupés.	31
3.1.31	Caractéristiques du monitorage à long terme des niveaux sonores ambiants.	32
3.1.32	Appareillage utilisé par la Division du rendement des immeubles pour le monitorage à long terme des niveaux sonores ambiants pour l'étape III.	32
3.1.33	Liste des valeurs calculées lors de l'analyse des niveaux sonores ambiants mesurés sur une longue période.	34
3.1.34	Analyse de multiples spectres du son ambiant pris au cours d'une longue période.	34
3.2.1	Critères pour assurer le caractère privé des conversations dans des bureaux sans cloisons.	37
3.2.2	Résumé des conditions de confidentialité et d'audibilité des sons prononcés.	38
3.2.3	Facteurs influant le degré de perception des conversations.	38
3.2.4	Exemple de calcul de l'indice d'articulation.	41
3.2.5	Appareillage utilisé par la Division du rendement des immeubles pour l'évaluation de la propagation du son dans des bureaux sans cloisons.	41
3.2.6	Facteurs à considérer dans l'évaluation de la propagation du son.	42
3.2.7	Méthode d'évaluation de la propagation du son.	43
3.2.8	Tableau de mesures de propagation du son.	45
3.2.9	Application des indices d'articulation pour évaluer le caractère privé des conversations et les conditions d'audibilité.	46
3.3.1	Appareillage utilisé par la Division du rendement des immeubles pour l'évaluation du temps de réverbération.	50
3.4.1	Facteurs à considérer dans la conception et la construction des cloisons.	52
3.4.2	Documents nécessaires à l'évaluation du rendement d'une cloison pour l'étape I.	56
3.4.3	Facteurs relatifs au rendement des cloisons à considérer lors de l'analyse des plans et archives.	57
3.4.4	Facteurs relatifs au rendement des cloisons à considérer au cours de l'inspection.	57
3.4.5	Appareillage utilisé par la Division du rendement des immeubles lors de l'évaluation du rendement des cloisons.	63
3.4.6	Méthode d'évaluation du rendement des cloisons pour l'étape II.	65

3.5.1	Effets de l'exposition à un bruit excessif.	66
3.5.2	Atténuation des niveaux de bruit excessif.	66
3.5.3	Facteurs régissant le changement du seuil auditif d'un individu.	67
3.5.4	Limites d'exposition à un bruit excessif tel que définies par le Code canadien du travail.	67
3.5.5	Documents nécessaires à l'évaluation de l'étape I relative à la perte d'audition due au bruit.	68
3.5.6	Appareillage utilisé par la Division du rendement des immeubles pour l'évaluation à l'étape 1 des risques de perte d'audition due au bruit.	69
5.2.1	Critère applicable aux niveaux acoustiques des installations de bâtiments (inoccupés): Niveau typique du bruit de fond.	79
5.2.2	Critère applicable aux niveaux acoustiques des instalaltions de bâtiments (inoccupés): Critères du bruit (Courbes NC).	80
5.2.3	Critères relatifs aux niveaux acoustiques des installations de bâtiments (inoccupés): Critères provilégiés du bruit (Courbes PNC).	80
5.2.4	Critères relatifs aux niveaux acoustiques des installations de bâtiments (inoccupés). Critères de pièce (Courbes RC).	81
5.2.5	Critères relatifs à la prévention des pertes d'audition dues au bruit.	82

PREFACE

Le présent document est de la "classe D". Il donne un aperçu des plus importants éléments relatifs à la qualité de l'acoustique.

Les caractéristiques acoustiques d'un lieu de travail contribuent de façon importante à la qualité globale de l'environnement intérieur. Ces éléments acoustiques sont souvent reliés de près à d'autres aspects de la qualité du bâtiment tels que la ventilation, la circulation d'air, le confort thermique et l'éclairage.

La réussite ou l'échec d'un environnement acoustique est lié au type d'endroits en question et à leur utilisation par les occupants. Comme les types d'endroits et leur utilisation varient, le niveau prévu de rendement acoustique varie également. Par exemple, une salle de spectacles, dans laquelle musique et chant sont présents, aura des exigences acoustiques différentes de celles d'un bureau avec ou sans cloisons. De plus, le niveau prévu de rendement acoustique peut être simplement le confort, comme dans le cas d'un bureau type, comparativement au besoin pour un environnement sécuritaire comme dans le cas des industries où il est primordial de prévenir les pertes d'audition dues au bruit.

Les aspects de confort en acoustique architecturale est traité selon ses principaux attributs lesquels sont: les niveaux du son ambiant, la propagation ou transmission du son dans les bureaux sans cloisons, le temps de réverbération et la transmission du son à travers les cloisons. La section intitulée "perte d'audition due au bruit" traite des aspects relatifs à la santé et à la sécurité.

Les effets du bruit sur les gens peuvent aller du simple dérangement à la perte permanente d'audition. En raison de la nature changeante, transitoire et dynamique du bruit et étant donné les différences physiologiques et psychologiques entre les personnes, nous ne réagissons pas tous au bruit de la même façon. C'est pourquoi le choix des critères appropriés pour évaluer les bruits de fond n'est pas toujours facile. La section sur le son ambiant décrit les méthodes de cueillette et d'analyse des données qui pourraient être utilisées pour évaluer ces valeurs.

Dans les bureaux sans cloisons, la plainte la plus fréquente des occupants est l'impossibilité d'avoir des conversations privées. Dans ce cas, on peut faire une analyse des caractéristiques de propagation du son ou une évaluation de la qualité du son transmis d'un endroit à un autre. Il est également conseillé d'introduire autant que possible des moyens d'atténuation entre les postes de travail afin d'obtenir une conversation privée optimale. La section "Propagation du son dans les bureaux sans cloisons" porte sur l'évaluation de ces caractéristiques. Les résultats de ces mesures peuvent être convertis en "indices d'articulation" afin de déterminer la réponse subjective équivalente à une conversation privée et à une communication orale normale.

Dans les bureaux "types" avec ou sans cloisons, le temps de réverbération ou la "persistance du son" se situe généralement en-deça de limites acceptables. Si le temps de réverbération est excessif, les mots se chevauchent ou sont escamotés; les paroles sont inintelligibles. Ces conditions sont décrites plus en détail à la section temps de réverbération.

On se plaint souvent de la transmission des paroles à travers les systèmes de cloisons. À moins que la cloison soit bien conçue et bien construite, le degré d'atténuation acoustique réalisé ne sera pas celui attendu ou requis. Le présent texte va présenter les méthodes d'évaluation et certaines considérations relatives à la conception d'une cloison.

Le problème de la perte d'audition due au bruit excessif est le plus grave en ce qui concerne l'acoustique. Par bonheur, les niveaux acoustiques pouvant causer de tels problèmes sont très rares dans les immeubles à bureaux. Toutefois, certaines sources de problèmes peuvent être localisées près d'équipement spécial utilisé par l'occupant ou près d'importantes installations mécaniques. Cette section traite des niveaux de réglementation relatifs à l'exposition au bruit et des techniques d'évaluation.

1. INTRODUCTION

1.1 BUT ET OBJECTIFS

Le but de ce document est de donner de l'information sur les méthodes de cueillette et d'analyse des données que la Division du rendement des immeubles aux Travaux publics du Canada utilisera pour évaluer l'acoustique architecturale. Ce document traite des cinq plus importants éléments qui peuvent être quantifiés dans l'environnement typique des bureaux. Ces éléments sont les suivants:

a) Niveaux sonores ambiants;
b) Caractéristiques de propagation du son à l'intérieur de bureaux sans cloisons;
c) Temps de réverbération;
d) Perte de transmission à travers des cloisons;
e) Perte d'audition due au bruit.

Des mesures du niveau sonore ambiant sont prises afin de déterminer l'émission acoustique des installations mécaniques du bâtiment ainsi que les niveaux sonores produits par les occupants et leur matériel. Ces mesures peuvent aussi être prises en réponse aux plaintes d'occupants se disant distraits et dérangés par le bruit.

Des mesures de propagation du son peuvent être prises afin d'assurer le caractère privé des conversations, et également afin de donner suite à des plaintes de dérangement et de distraction par le bruit.

Des mesures de réverbération seraient prises dans le cas de plaintes concernant le bruit excessif, l'écho excessif ou l'inintelligibilité de la parole.

La perte de transmission à travers des cloisons est mesurée afin de déterminer le niveau de rendement de ces dernières. Ces mesures sont prises lorsque les occupants se plaignent qu'ils ne peuvent tenir une conversation privée dans un bureau avec cloisons.

Les niveaux de bruit ambiant sont mesurés pour déterminer le risque de perte d'audition due au bruit et les niveaux d'exposition des employés.

Le présent document décrit les trois étapes d'enquête qui peuvent être nécessaires pour caractériser chacun des éléments ci-dessus. Grâce à différents essais et mesures, il est possible de déceler la présence de conditions problématiques et d'examiner leur effet sur les occupants. Les trois étapes de l'enquête vont de l'étude des plans et archives du bâtiment jusqu'à la prise de mesures, à l'aide d'instruments hautement perfectionnés en acoustique.

Plusieurs groupes représentant diverses spécialités participent généralement à l'évaluation du rendement global d'un bâtiment. Pour bien évaluer l'environnement intérieur d'un bâtiment il est essentiel de savoir que chacun des sept seuils de qualité (air, acoustique, intégrité du bâtiment, rendement énergétique, fonctionnel, thermique et visuel) interagit souvent avec les autres. Par conséquent, pour résoudre un problème une mesure corrective apportée en un endroit ne doit pas causer un nouveau problème dans un autre secteur.

Considérons, par exemple, les effets positifs de l'installation d'écrans libres pour assurer l'aspect privé dans une aire de bureaux sans cloisons. Les écrans serviraient à délimiter le territoire propre à chaque occupant, ce qui améliorerait la confidentialité de son environnement visuel et de ses conversations. Ces améliorations augmenteraient problablement la satisfaction globale.

Toutefois, ces mesures peuvent avoir des conséquences négatives envahissant d'autres secteurs. Par exemple, ces écrans peuvent:

a) Cacher l'éclairage des fenêtres ou des plafonniers;
b) Réduire la qualité visuelle des locaux si leurs revêtements ont une couleur ou un motif distrayant;
c) Gêner la circulation d'air et rendre certaines zones trop chaudes ou trop froides;
d) Créer un labyrinthe où les visiteurs auront de la difficulté à s'orienter;
e) Obstruer la vue;
f) Être fabriqués de matériaux dégageant des odeurs désagréables.

Bien que l'évaluation se limite généralement à un aspect qualitatif, l'acoustique dans le cas présent, il est essentiel que les interactions telles que mentionnées précédemment soient étudiées. On évite ainsi de prendre des mesures particulières qui pourraient être nuisibles dans des domaines plus ou moins reliés.

1.2 INFORMATION DE BASE

Les effets du bruit sur les gens peuvent aller du simple dérangement jusqu'à la perte temporaire ou permanente de l'audition. Étant donné la nature changeante et transitoire du bruit et les différences psychologiques entre les personnes, nous ne répondons pas tous au bruit de la même façon.

Le son est le résultat de fluctuations rapides de la pression d'air causées par un objet vibrant. Notre système auditif transforme ces variations de pression en impulsions nerveuses. Notre cerveau interprète ces impulsions en sons porteurs de différents messages.

Le degré d'élévation ou la fréquence du son est déterminée par la vitesse de vibration. La fréquence d'un son est définie comme le nombre de vibrations en une période de temps donnée. En acoustique, l'unité de fréquence est le hertz (Hz) déterminant le nombre de cycles ou vibrations par seconde. Un son de très basse fréquence est le résultat de fluctuations relativement lentes de la pression d'air. Ce son est perçu comme un grondement. Si l'on augmente la fréquence, le nombre de fluctuations d'air augmente également. Le degré d'élévation du son devient également supérieur. Si l'on augmente suffisamment la fréquence du son, on le perçoit comme un sifflement.

Bien que nous acceptions le fait que chaque personne soit différente sous de nombreux aspects, nous croyons souvent, à tort, que nous entendons et réagissons tous au bruit de la même façon. En raison des différences physiologiques de leurs systèmes auditifs, certaines personnes peuvent entendre certains sons du spectre acoustique alors que

d'autres ne le peuvent pas. De plus, en raison des différences psychologiques, nous réagissons tous différemment au bruit; nous sommes subtilement, mais uniquement influencés par notre perception de sa force et de son aptitude à nous déranger. Il en découle donc des cas où, par exemple, le bruit d'un terminal à écran dérange ou est douloureux pour certaines personnes alors que d'autres y seront complètement indifférentes.

Notre capacité d'audition, en particulier notre sensibilité aux hautes fréquences, se détériore graduellement avec l'âge. Cette sensibilité peut aussi changer très rapidement suite à l'exposition à des niveaux de bruits excessifs ou à une lésion du système auditif. Il est intéressant de noter que les hommes perdent cette sensibilité aux hautes fréquences plus tôt que les femmes, un fait qui doit être pris en considération lorsqu'on étudie les résultats de toute évaluation acoustique.

Dans le présent document, nous utilisons le mot "son" pour décrire une sensation acoustique qui est plus ou moins acceptable et le mot "bruit" pour décrire un stimulus acoustique qui est inacceptable. Il ne faut pas oublier également que le "bruit" est souvent le "son" produit par d'autres personnes, ce qui est particulièrement vrai dans les bureaux sans cloisons.

Le son est mesuré et exprimé en termes de niveaux de pression acoustique (Sound Pressure Level–SPL). L'unité pour le niveau de pression acoustique est le décibel (dB) où,

$$SPL = 20 \log10 \ (P_1/P_0)$$

où: SPL = le niveau de pression acoustique, decibels (dB);
P_1 = la pression acoustique, Pascals (Pa);
P_0 = la pression acoustique de référence, 2×10^{-5} pascal, Pascals (Pa).

Il faut prendre des précautions lorsqu'on utilise des décibels. Comme l'indique la formule ci–dessus, un décibel est un rapport logarithmique. Lorsqu'on décrit le niveau de pression acoustique (le son que nous entendons), il est important de s'assurer que toutes les valeurs en décibels ont toutes été obtenues par rapport à la pression de référence 2×10^{-5} Pa.

En acoustique, le mot "décibel" a une autre signification. Le niveau de puissance acoustique (Sound Power Level–Lw) est une mesure de la puissance acoustique radiée par une source dans toutes les directions. Le niveau de puissance acoustique est considéré comme une mesure absolue de l'émission acoustique alors que le niveau de pression acoustique résultant dépend de plusieurs facteurs environnementaux. Les niveaux de puissance acoustique sont également mesurés en décibels. Dans ce type de mesure, la valeur de référence est 10^{-12} watt. Le niveau de puissance acoustique est défini par la formule suivante:

$$Lw = 10 \log10 \ (W_1/W_0)$$

où: Lw = le niveau de puissance acoustique, decibels (dB);
W_1 = la puissance émise, watts (W);
W_0 = le niveau de puissance de référence: 10^{-12} watt, watts (W).

Un changement relativement faible du nombre de décibels représente un changement important de la magnitude du son. Considérons deux pièces d'équipement de bureau. Si chacune produit 60 dB, le niveau de pression acoustique résultant est de 63 dB lorsque les deux sont en marche. Subjectivement, un son devrait être augmenté de 10 dB pour être jugé par notre système auditif deux fois plus élevé qu'un autre.

Bien que l'oreille humaine moyenne soit un organe sensible, notre réponse subjective au bruit ne respecte pas précisément les lois de la physique. Le tableau 1.2.1 permet de comparer les changements du niveau de pression acoustique (SPL) aux perceptions de force perçue du bruit d'une personne moyenne:

Changement du niveau de pression acoustique (SPL) réf.: 2×10^{-5} Pa	Changement de force perçu
± 1 dB	Tout juste perceptible, nécessite beaucoup d'attention pour percevoir le changement
± 3 dB	Perceptible
± 5 dB	Nettement perceptible
±10 dB	Deux fois plus élevé
±20 dB	Quatre fois plus élevé

Tableau 1.2.1 Relation entre les changements du niveau de pression acoustique et la perception subjective de l'intensité du son.

Nous ne réagissons pas à toutes les fréquences d'une manière uniforme. À chaque extrémité du spectre se trouve des sons que nous ne pouvons entendre. De même, aussi bien à l'intérieur de la plage des fréquences audibles, notre acuité ou sensibilité varie. Pour évaluer de façon approximative la réponse aux fréquences à des niveaux modérés de pression acoustique par un système auditif type, on utilise souvent un système de mesure appelé pondération A. L'échelle de pondération A donne moins d'importance aux fréquences inférieures à 500 Hz et aux fréquences supérieures à 10 kHz, et est mesurée par l'unité dB(A). C'est dans la plage de 1 kHz à 5 kHz que la réponse auditive normale est la plus sensible.

Le diagramme ci-dessous illustre la réponse pondérée A aux sons.

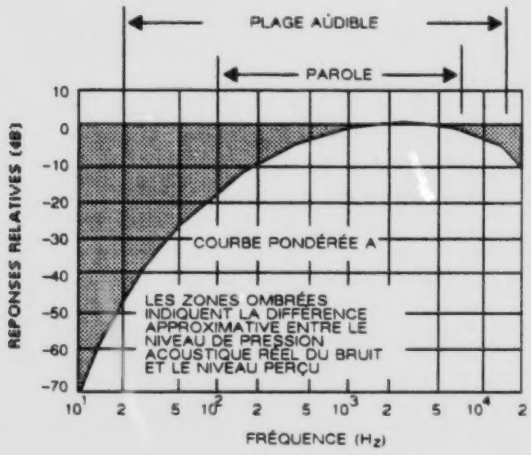


Figure 1.2.1 Courbe de pondération A approximant la réponse auditive type.

Les sources sonores sont très rarement réparties uniformément et produisent des niveaux de pression acoustique de nature généralement transitoire. Les niveaux de pression acoustique fluctuent avec le temps et les spectres varient en amplitude et en durée.

La quantité globale de son peut être mesurée. Cette mesure permet d'en arriver à un seul chiffre et peut être exprimée en dB(lin) ou en dB(A). La valeur en dB linéaire exprime la quantité globale de sons présents (non filtrés) alors que la mesure en dB(A) indique la quantité de sons perçus (filtrés).

Il y a souvent des différences considérables entre ces deux valeurs dans un bâtiment. Il n'est pas rare que les installations mécaniques d'un bâtiment produisent une quantité importante de bruit à basse fréquence. Si cette quantité de basses fréquences est suffisante, la valeur globale en dB(lin) peut être bien supérieure à la valeur globale en dB(A). Par conséquent, la quantité de sons perçus peut être considérablement inférieure à la quantité réelle du son présent.

Les valeurs globales linéaires et pondérées A décrivent la quantité totale de son présent à l'endroit choisi durant la période de mesures. Pour évaluer la qualité du son, il est nécessaire d'en examiner ses composantes. En acoustique architecturale, le son peut être divisé en bandes distinctes de fréquence. Le spectre acoustique couvre généralement les fréquences comprises entre 1.6 et 20.000 Hz. Cette large plage de fréquences peut être divisée en bandes d'octave ou tiers d'octave. Une bande d'octave est une plage de fréquences dont la fréquence centrale et la largeur de bande sont définies par des normes internationales. La fréquence centrale de chaque bande d'octave subséquente est le double de la fréquence centrale de la bande d'octave précédente et la moitié de la fréquence centrale de la bande suivante. Les bandes d'un

tiers d'octave suivent le même principe et subdivisent chaque octave en tiers. Les bandes d'octave et tiers d'octave sont nommées en fonction de leur fréquence centrale. Par exemple, la bande d'octave 500 Hz inclut toutes les fréquences comprises entre 354 et 707 Hz.

Ces valeurs peuvent être mesurées à l'aide d'un sonomètre portatif comprenant un dispositif approprié de filtrage d'octaves ou tiers d'octave, ou encore à l'aide d'un analyseur de fréquences à affichage numérique. Lorsqu'on utilise un sonomètre, il faut généralement mesurer séparément les octaves et les tiers d'octave tandis qu'un analyseur de fréquences est capable de mesurer toutes les bandes de fréquences en une seule période d'échantillonnage.

2. DÉLIMITATION DU SUJET

2.1 CADRE GÉNÉRAL

Un bâtiment doit offrir à ses occupants un milieu de travail sans danger et confortable. Ces objectifs sont atteints grâce aux différents éléments constitutifs du bâtiment, c'est-à-dire son enveloppe, son volume intérieur, ses installations mécaniques, ses réseaux électriques et d'éclairage, sa structure, ses systèmes de transportation et de sécurité.

La conception, la construction et l'occupation d'un bâtiment nécessitent l'apport de plusieurs disciplines travaillant chacune avec des renseignements précis en vue d'un objectif donné. Des interrelations complexes existent entre les différentes disciplines et les secteurs de la conception et de la construction; elles n'ont pas toujours tenu compte des incidences directes ou indirectes qu'une mesure peut avoir sur d'autres secteurs. Des éléments incompatibles peuvent résulter de lacunes interdisciplinaires faites aux étapes de la conception et de la construction.

L'acoustique architecturale a des incidences sur les autres aspects qualitatifs du bâtiment (qualité de l'air, intégrité et rendement énergétique, efficacité fonctionnelle, confort thermique et visuel) et est également influencée par ces derniers.

Dans le présent document, chaque secteur d'enquête est subdivisé en trois étapes distinctes. L'étape I, l'"évaluation préliminaire", peut comporter trois activités: une analyse des plans et archives; une inspection du bâtiment; l'interrogation des occupants ainsi que des entrevues avec la gérance de l'immeuble.

L'étape II porte sur les techniques simples de mesure. Dans cette étape de d'enquête, le mot "simples" qualifie le mode d'utilisation de l'appareillage d'évaluation et non le niveau de complexité des instruments en tant que tels. L'utilisation d'un sonomètre portatif pour mesurer les niveaux ambiants de pression acoustique ou encore l'utilisation d'un dosimètre sonore personnel pour mesurer le niveau d'exposition aux bruits excessifs sont des exemples d'activités qui peuvent être menées à cette étape d'enquête. Les techniques d'évaluation décrites dans cette étape peuvent être mises en application par le personnel régional. Pour ce faire, il faudra fournir aux régions la formation et l'instrumentation nécessaires.

L'étape III est intitulée "monitorage détaillé et spécialisé". Au cours de cette étape, la collecte et l'analyse des données nécessitent des ressources qui ne seraient pas normalement disponibles dans la région. En acoustique, le monitorage détaillé et spécialisé désigne la collecte de données sur une durée beaucoup plus longue: un jour, une semaine ou même un mois au lieu de quelques mesures ponctuelles. Les sons émis par une installation mécanique à volume constant devraient normalement être très stables. Par conséquent, ce type de son pourrait être mesuré par l'approche de étape II. Il est presque certain qu'une telle mesure serait représentative de l'émission acoustique dans les conditions de service en question. Par contre, les sons produits au cours d'une journée normale de travail varient considérablement tant en quantité qu'en composition spectrale. Ce type de condition est évalué à l'aide d'une seule mesure et peut fournir

des résultats non représentatifs des caractéristiques acoustiques au cours d'une longue période (un jour, une semaine, un mois, etc.). Dans ces conditions, les niveaux du bruit ambiant doivent être mesurés si on veut tirer des conclusions sur les tendances d'émission acoustique.

2.2 LIMITES DES TECHNIQUES D'ÉVALUATION

Les limites de chaque technique d'évaluation sont énoncées avec la description de cette technique.

3. MÉTHODOLOGIE

3.1 SON AMBIANT

Le son ambiant peut être défini comme la valeur combinée des sons provenant de toutes les sources associées à un environnement donné. Dans un bureau, le niveau de son ambiant se répartit en trois groupes identifiant leurs sources respectives:

a)	Les sources extérieures au bâtiment telles que les avions ou la circulation routière;
b)	Le bruit des installations du bâtiment (mécanique, éclairage, plomberie et circulations de l'eau et de l'air);
c)	Les sons produits par les occupants tels que les conversations, les déplacements et le bruit du matériel de bureau.

Tableau 3.1.1 Sources de son ambiant.

Le niveau acceptable de son ambiant doit tenir compte des exigences de la tâche à effectuer. Dans un bâtiment polyvalent, ces exigences varient d'un endroit à un autre. Par exemple, une salle d'attente a des besoins différents de ceux d'une salle de mécanographie contenant des imprimantes d'ordinateur.

L'exposition à un bruit excessif peut causer une perte d'audition temporaire ou permanente. Les niveaux maximums de bruit autorisés pour une exposition de huit heures varient entre 85 et 90 dB(A). Ces valeurs sont dictées par les lois fédérales et provinciales. Lorsque le temps d'exposition est réduit, l'exposition à des niveaux supérieurs à 90 dB(A) est autorisée. Heureusement, dans les bureaux, on atteint très rarement ces niveaux. À titre de comparaison, des sons prononcés entendus à 1 mètre d'un locuteur se situent généralement entre 65 et 70 dB(A). La section intitulée "perte d'audition due au bruit" décrit plus en détail l'exposition à un bruit excessif.

L'objectif visé pour l'environnement d'un bureau est généralement le confort plutôt que la santé et la sécurité. Bien qu'étant bien en-deça des limites permises, des niveaux de bruit ambiant inacceptables peuvent avoir des effets indésirables tels que:

a)	La réduction des communications verbales;
b)	Le dérangement et la distraction;
c)	Le stress;
d)	La fatigue;
e)	La perte d'efficacité.

Tableau 3.1.2 Effets de niveaux inadmissibles de bruit ambiant.

L'acoustique architecturale affecte d'autres aspects de la qualité du bâtiment et est également affectée par ceux-ci. Les exemples suivants en font foi:

Effets d'autres aspects de la qualité sur les niveaux acoustiques ambiants:

a) Le bruit de sources extérieures telles que les avions, la circulation ou une usine voisine doit être atténué efficacement par l'enveloppe du bâtiment;

b) La transmission des bruits de choc à travers le plancher jusqu'à l'étage d'en-dessous doit être atténuée par la structure du bâtiment;

c) Les installations mécaniques du bâtiment ont généralement un impact majeur sur les niveaux acoustiques ambiants. On peut s'attendre à ce que ces niveaux varient considérablement si le débit d'air de l'installation varie ou si cette dernière se met en marche et s'arrête durant les heures normales de travail. Ces installations sont donc plus bruyantes que celles fournissant un débit d'air constant en permanence;

d) L'emplacement des bouches de soufflage d'air a également un effet sur les niveaux acoustiques ambiants. Si elles sont très espacées les unes des autres, alors les sources de son ambiant peuvent être très perceptibles. C'est pour cette raison que certaines zones d'une aire de travail sont bruyantes et d'autres silencieuses, ce qu'il faut éviter. Si l'on réduit l'espacement des bouches et qu'on diminue le débit de chacune, le niveau acoustique ambiant devrait diminuer et devenir plus uniforme.

e) Les locaux techniques situés à proximité de zones occupées par des bureaux ont également un effet important sur les niveaux de son ambiant. Il arrive souvent qu'une quantité excessive de bruit à basse fréquence provienne des installations mécaniques situées à proximité des postes de travail. De bonnes techniques d'insonorisation sont nécessaires pour éviter ce problème. Ces solutions comprennent le traitement acoustique de la source de bruit, le traitement le long du trajet de transmission ou à l'emplacement de l'auditeur;

f) Les activités des occupants d'un poste de travail ont également un effet sur les niveaux acoustiques ambiants. Les bruits produits par les occupants et leurs activités sont souvent quantitativement plus importants que les niveaux acoustiques ambiants produits par les installations du bâtiment.

Tableau 3.1.3 Exemples de caractéristiques du bâtiment ayant un effet sur les niveaux sonores ambiants.

Effet des niveaux acoustiques ambiants sur l'utilisation des locaux

Le niveau cumulatif du son ambiant (sons produits par le bâtiment, bruits de sources extérieures et bruits produits par les occupants) peut être jugé satisfaisant pour certaines personnes et totalement inacceptable pour d'autres. La réaction individuelle au bruit ainsi que les exigences de la tâche à effectuer sont des facteurs importants dans l'évaluation subjective. Les sources de bruit dans un bureau sont souvent nombreuses et le contenu des émissions sonores varient en quantité et en fréquence.

Tableau 3.1.4 Exemple où le niveau sonore ambiant affecte d'autres aspects de la qualité du bâtiment.

Mesure des niveaux de son ambiant

Les niveaux de son ambiant peuvent être mesurés à l'aide d'un sonomètre ou d'un analyseur de fréquences à affichage numérique. Ils peuvent être mesurés soit en valeurs linéaires soit en valeurs pondérées A. Ces mesures résultent en un seul chiffre qui peut généralement être lu directement sur le sonomètre ou l'analyseur de fréquences. La mesure du niveau de pression acoustique ambiant est décrite à la section 3.1.1.1, Description des techniques.

Malheureusement, ces valeurs globales, se résumant en un seul chiffre, ne donnent aucune information sur les éléments constitutifs du son. Les niveaux acoustiques globaux varient aussi considérablement au cours d'une journée normale de travail. Une mesure ponctuelle peut être non représentative des caractéristiques à long terme. Le graphique ci-dessous illustre l'ampleur des changements de pression acoustique auquel on peut s'attendre. Il montre les valeurs de pression acoustique en dB(A) (une mesure par minute) prises au cours d'une journée complète de travail.

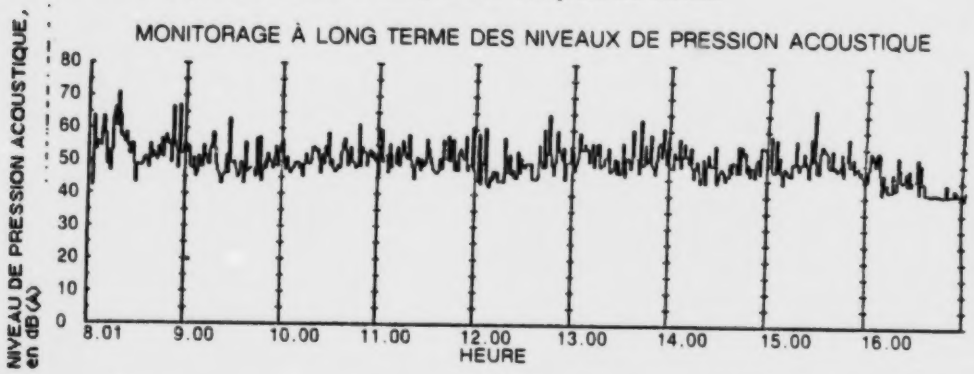


Figure 3.1.1 **Tracé des niveaux de pression acoustique en dB(A) mesurés dans un bureau sans cloisons au cours d'une journée de travail.**

Pour qu'un niveau de pression acoustique ambiant soit acceptable, il faut que les critères suivants soient satisfaits:

Le niveau du son ambiant doit se situer à l'intérieur d'une plage acceptable afin d'offrir un degré de couverture suffisant (pas trop silencieux) sans toutefois devenir une source de distraction ou de dérangement (trop bruyant). Des problèmes surviennent souvent lorsque le niveau du son ambiant est trop bas. Parce que le niveau ambiant n'offre pas suffisamment de couverture, les conversations et autres bruits peuvent être entendus dans les postes de travail voisins. Dans ces cas, il n'est pas rare que les occupants décrivent le bâtiment comme bruyant alors qu'en fait c'est tout le contraire.

Le niveau global ainsi que la composition spectrale doivent être relativement constants. La même combinaison de fréquences à la même amplitude ou au même niveau doit être présent tout au cours de la journée de travail. Ce paramètre peut causer un problème dans le cas d'installations de ventilation à volume d'air variable puisque les variations du débit d'air affectent la pression acoustique. Les installations à volume constant, qui

fonctionnent par marche–arrêt constituent un problème encore plus grave. Dans ce cas, la différence de pression acoustique peut être très importante entre les moments où le système est en marche et ceux où il est arrêté.

Il faut que le niveau de pression acoustique soit uniforme dans toute l'aire de travail. Lorsqu'on traverse l'aire de travail, on ne devrait pas remarquer de zones particulièrement bruyantes ou silencieuses. Le son devrait être uniforme partout.

Le son ambiant doit être jugé plaisant. Pour ce faire, il est essentiel que le spectre soit exempt de sifflements, grondements ou tonalités.

Le tableau suivant résume les niveaux de pression acoustique globaux en dB(A) qui peuvent être mesurés en différents endroits.

ENVIRONNEMENT	BRUIT DE FOND TYPIQUE Niveau de pression	Perception
Professionnels/employés de bureau (sans équipement)	35 dB(A)	Très silencieux
Professionnels/employés de bureau (quelques équipements)	40 dB(A)	Silencieux
Petit bureau de dessin	40 dB(A)	Silencieux
Employés de bureau (nombreux équipements)	45 dB(A)	Acceptable
Grand nombre d'employés de bureau (nombreux équipements)	50 dB(A)	Bruyant

Tableau 3.1.5 Niveaux de bruit de fond pour différents environnements.

Pour l'évaluation des niveaux acoustiques ambiants, il est important d'analyser les éléments acoustiques (la composition spectrale). L'utilisation des données en dB(A) n'est pas recommandée comme bonnes indications pour la conception puisqu'elle n'indique pas cette composition spectrale. Pour évaluer les niveaux acoustiques ambiants il existe trois critères courants pour mesurer les sons produits par les installations mécaniques. Ces critères sont les suivants:

a) les critères de bruit (Noise Criteria–NC);
b) les critères de bruit perçu (Perceived Noise Criteria–PNC);
c) les critères de pièce (Room Criteria–RC).

Tableau 3.1.6 Critères d'évaluation courants pour les niveaux acoustiques des installations mécaniques.

Les valeurs des critères de bruit (NC), de bruit perçu (PNC) et de pièce (RC) sont obtenus en comparant le spectre sonore mesuré à un ensemble de courbes. L'un des avantages de l'utilisation de ces courbes est que les niveaux de pression acoustique doivent être mesurés en bandes d'octaves ou tiers d'octave. On délimite ainsi la bande de fréquences tout en déterminant les principales caractéristiques de la source sonore.

Courbes de critère de bruit (Noise Criteria, NC)

Les courbes de critère de bruit ont été élaborées afin de décrire la façon dont des bruits de fond interfèrent avec les sons prononcés. Ces courbes (figure 3.1.2) spécifient le niveau maximal admissible par bande d'octave de la pression acoustique correspondant à un critère de bruit visé. Elles indiquent également les limites que le spectre de bruit par bande d'octave ne doit dépasser afin d'atteindre un niveau donné d'acceptation par les occupants. Puisque le plus gros du bruit de fond des bâtiments, mis à part les occupants, est produit par le soufflage de l'air, ces valeurs sont généralement indiquées dans le devis de mécanique du bâtiment (division 15). Les bâtiments où un système de couverture sonore ou audio est installé font exception à cette règle.

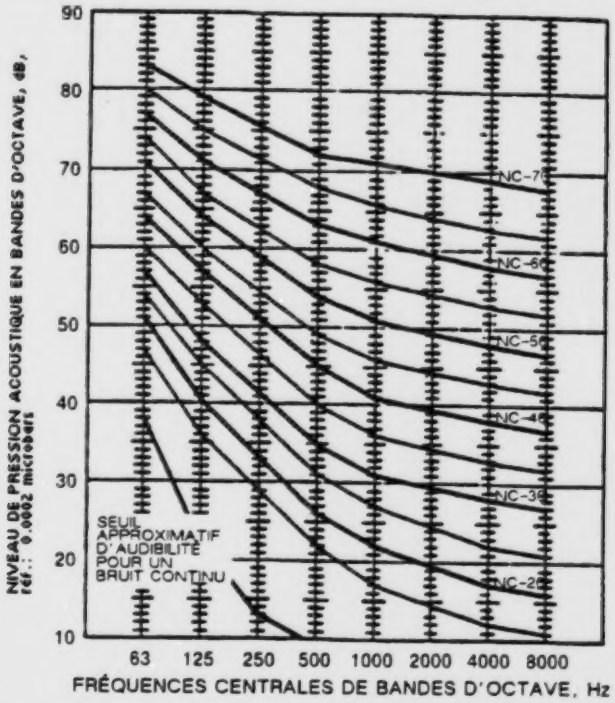


Figure 3.1.2 **Courbes du critère relatif au bruit. (Courbes NC)**
(Référence: ASHRAE 1980 Systems Volume, Chapter 35, "Sound and Vibration Control", page 35, Figure 19).

Le critère de bruit d'un spectre est défini comme étant la plus basse valeur de la courbe non supérieure à n'importe quelle autre valeur d'octave.

Le tableau 3.1.7, ci-dessous, est un résumé des valeurs des critères de bruit pour un immeuble à bureaux. Ces valeurs sont basées sur les Digests de la construtions du Canada (Conseil national de recherches) numéros 41 et 51, et sur des données fournies par l'American Society for Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers (ASHRAE).

VALEUR MAXIMALE DU CRITÈRE DE BRUIT (NC)	APPLICATION
25 à 30	Bureaux de directeur, petites salles de conférence: communications à voix légèrement élevée jusqu'à 6 mètres; salles de conférence d'une capacité de 50 personnes: communications à voix élevée.
30 à 35	Petits bureaux privés ou semi-privés: communications à voix normale jusqu'à 3 mètres; salles de conférence pour 15 personnes: communications à voix élevée.
35 à 40	Bureaux sans cloisons; salles de dessin: conversations à 1.8 mètres; utilisation des téléphones, bruit modéré d'équipement: communications à voix normale.
40 à 50	Vestibules et corridors, salles de dactylographie, petits équipements de bureau: conversations occasionnelles à 1 ou 2 mètres à voix légèrement élevée; salle de mécanographie: quelques communications à voix élevée à une distance de 1 à 2 mètres.

Tableau 3.1.7 Valeurs du critère relatif au bruit pour des immeubles à bureaux.

Courbes du critère relatif au bruit perçu (Perceived Noise Criteria, PNC)

Les courbes de critère de bruit perçu sont basées sur les courbes originales de critère de bruit. Les courbes PNC s'addressent aussi à des fréquences plus basses que celles retrouvées dans les courbes NC. Les extrémités des courbes PNC indiquant les niveaux dans les basses et hautes fréquences sont inférieures aux niveaux indiqués par les courbes NC.

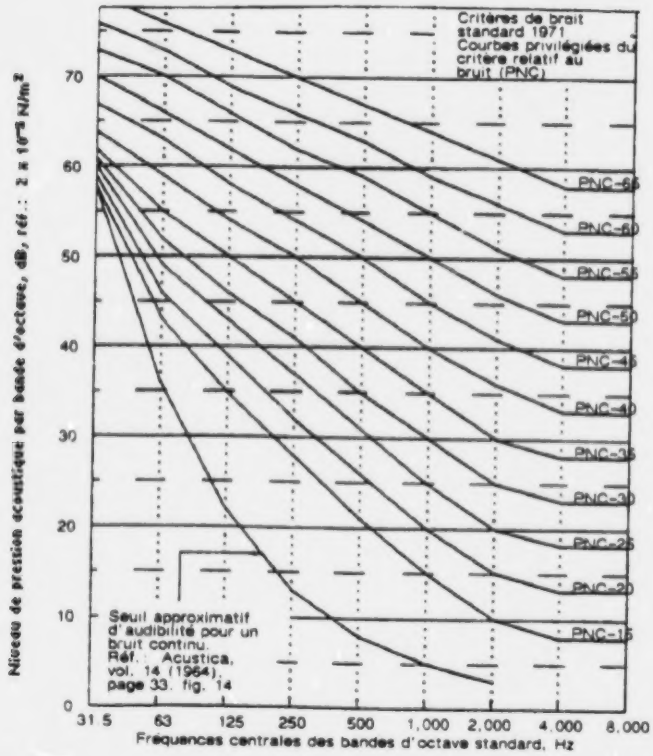


Figure 3.1.3 **Courbes privilégiées du critère relatif au bruit. (Courbes PNC)**
Référence: Beranek, L.L., Noise and Vibration Control, 1971, page 567.

Le tableau 3.1.8. ci-dessous, résume les valeurs des critères de bruit perçu pour les immeubles à bureaux.

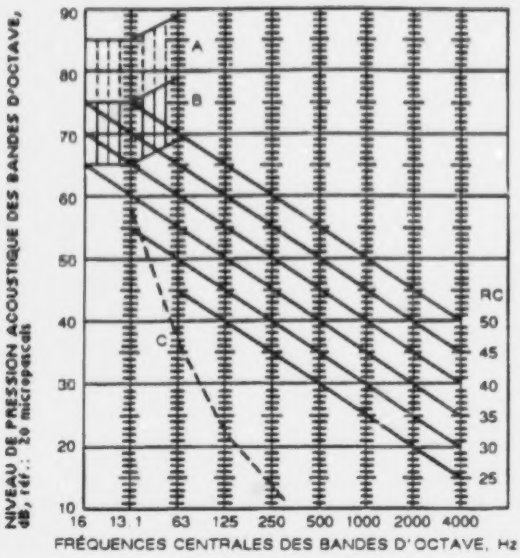
PNC	APPLICATION
Inférieur à 35	Grandes salles de réunion et de conférence pour 50 personnes où il y a amplification de la voix.
30 à 40	Bureaux privés ou semi-privés, petites salles de conférence, bibliothèques.
35 à 45	Bureaux sans cloisons et zones d'accueil
45 à 55	Salles d'ordinateur et de mécanographie
40 à 50	Vestibules et corridors

Tableau 3.1.8 **Valeurs du critère relatif au bruit perçu (PNC) pour les immeubles à bureaux.**
Référence: Beranek, L.L., Noise and Vibration Control, 1971.

Courbes du critère de pièce (Room Criteria, RC)

Des courbes de critère de pièce peuvent également être utilisées pour fixer les niveaux d'émission conçus pour les installations mécaniques. Une courbe de critères de piece

permet d'évaluer approximativement un spectre bien équilibré qui serait perçu par les occupants comme étant de nature douce et unie. Si l'on utilise les courbes de critères de pièce comme critère de rendement, le spectre doit épouser le plus possible la courbe de conception. Si le spectre de son ambiant dépasse la courbe de conception par plus de 5 dB dans les bandes d'octave inférieures à 250 Hz, on percevra probablement un grondement. Si le son ambiant dépasse les fréquences de 2 kHz et de 4 kHz, le spectre sera perçu comme un sifflement.



Zone A: forte probabilité que les vibrations produites par le bruit dans la construction de murs légers et plafonds seront clairement perceptibles; on peut s'attendre à des cliquetis dans les appareils légers fixes, les portes, les fenêtres, etc.

Zone B: les vibrations produites par le bruit dans la construction de murs légers et plafonds peuvent être modérément perceptibles; légère possibilité de cliquetis dans les appareils légers fixes, les portes, les fenêtres, etc.

Zone C: inférieure au seuil d'audibilité pour un bruit continu.

Figure 3.1.4 **Courbes du critère relatif à une pièce. (Courbes RC)**
Référence: ASHRAE 1985 Fundamentals, page 7.10.

Le tableau ci-dessous indique les divers critères de pièce qui devraient être appliqués pour la conception des installations mécaniques. Ces valeurs s'appliquent à des pièces non occupées lorsque toutes les installations fonctionnent.

TYPE DE PIÈCE	PLAGE DU CRITÈRE RELATIF À UNE PIÈCE
Bureaux de direction	25 à 30
Salles de conférence	25 à 30
Bureaux privés	30 à 35
Bureaux sans cloisons	35 à 40
Salles d'ordinateur et de mécanographie	40 à 45
Zones de circulation	40 à 45

Tableau 3.1.9 **Critères recommandés pour la conception d'une pièce.**
Référence: ASHRAE 1980 Systems Volume, page 35.16.

En plus d'utiliser les valeurs de pression acoustique en dB(A), de critère de bruit, de critères de bruit perçu et de critères de pièce pour l'évaluation des niveaux acoustiques ambiants, il faut aussi s'assurer que le spectre ne comporte pas de tonalités. Une tonalité peut être définie comme un octave ou tiers d'octave qui dépasse de plus de 10 dB les octaves ou tiers d'octave immédiatement voisins. À certaines fréquences, la tonalité peut devenir très perceptible et constituer une source de dérangement. Il faut donc éliminer les tonalités dans la mesure du possible.

Les critères ci-dessus portent sur les niveaux acoustiques ambiants à l'intérieur du bâtiment mais ne tiennent pas compte des émissions sonores provenant des occupants, de leurs activités ou de leur équipement de bureau. Contrairement aux sons émis par les installations mécaniques du bâtiment, qui sont très constants, les niveaux acoustiques produits par les occupants sont souvent très dynamiques et transitoires et souvent beaucoup plus élevés que les bruits produits par les installations du bâtiment.

Les sons produits par les occupants peuvent être soit acceptables soit dérangeants, tout dépendant de la nature de la tâche à accomplir ainsi que de la perception et de la réaction des individus.

Pour évaluer les niveaux acoustiques au cours des heures normales de travail, il est important de s'assurer que les conditions au moment de la mesure sont typiques ou représentatives des conditions normales à long terme. Malheureusement il existe très peu de critères pour l'évaluation des niveaux de bruit au cours des heures normales de travail.

3.1.1 Étape I – Évaluation préliminaire (Introduction)

La première étape ou premier niveau d'enquête inclut trois activités qui peuvent être incorporées collectivement ou individuellement. Ces activités sont une analyse des plans et archives, une inspection des lieux de travail, de l'étage ou du bâtiment; et l'interrogation des occupants ainsi que des entrevues avec le personnel de gestion du bâtiment.

Cette étape peut constituer un exercice préparatoire ou d'introduction afin de se familiariser aux problèmes de manière à établir de façon détaillée l'étendue des travaux.

3.1.1.1 Description des techniques

Chacune des trois activités de l'enquête à l'étape 1 doit être adaptée aux exigences particulières de l'évaluation. L'analyse des plans et archives se fait souvent avant même de visiter le bâtiment. Cette activité sert souvent à se familiariser avec le bâtiment et le problème afin de définir plus précisément l'étendue des travaux.

Une entrevue avec les occupants et le gérant d'immeubles est souvent utile pour clarifier encore davantage la nature du problème. Le problème est souvent identifié à son symptôme plutôt qu'à sa cause. Les informations requises des occupants varient selon la nature du problème. Parfois, il faut une connaissance plus détaillée des réactions des occupants. Dans de tels cas, il est recommandé de consulter le document de classe D, Questionnaires.

L'inspection permet de recueillir des renseignements pertinents concernant l'utilisation du lieu de travail. Au cours de cette visite, un sonomètre portatif avec un filtre d'octaves ou tiers d'octave peut être utilisé. Des mesures-échantillons sont généralement prises pour se donner un aperçu des niveaux acoustiques ambiants.

3.1.1.2 Équipement

Le seul équipement requis pour l'inspection est un sonomètre avec un filtre approprié d'octaves ou tiers d'octave. Le sonomètre doit être conforme à la norme ANSI S1.4; et les filtres, à la norme ANSI S1.6. Il est important de connaître la précision de l'instrument et d'effectuer un étalonnage avant et après toute prise de mesures.

La Division du rendement des immeubles aux Travaux publics du Canada utilise deux types de sonomètres:

a) Le Bruel and Kjaer, type 2209, avec filtre de tiers d'octave de type 1616;
b) Le Bruel and Kjaer, type 2231, avec filtre d'octaves et tiers d'octave type 1625.

Pour l'étalonnage, deux sources de référence sont utilisées:

a) Le pistonphone ou émetteur à piston Bruel and Kjaer 4220;
b) L'étalonneur Bruel and Kjaer 4230.

Tableau 3.1.10 Appareillage utilisé par la Division du rendement des immeubles lors de l'inspection d'évaluation des niveaux sonores ambiants.

3.1.1.3 Démarche détaillée

Analyse des plans et archives

Au cours de l'enquête à l'étape 1, il faut étudier les versions les plus récentes de tous les documents pertinents, y compris tous les suppléments. L'analyse du bruit ambiant nécessite l'étude des documents suivants:

a) Les plans et devis d'architecture;
b) Les plans et devis de mécanique;
c) L'avant-projet;
d) Les dessins des dispositions et de modifications apportées par les occupants;
e) Les dossiers d'archives du bâtiment;
f) Tout rapport antérieur concernant le bruit dans le bâtiment;
g) Toute plainte enregistrée concernant le bruit dans le bâtiment;
h) Le programme de conception architecturale pour les occupants, relié à leurs tâches et exigences;
i) Les calendriers et registres d'entretien.

Tableau 3.1.11 Documents qui peuvent être nécessaires à l'évaluation des niveaux sonores ambiants lors de l'étape 1.

Le recours à tous les documents ci-dessus dépend des raisons de l'évaluation.

Par l'étude de ces documents, on peut recueillir les renseignements suivants:

Source: Plan et devis d'architecture; (bâtiment d'origine et modifications apportées par l'occupant)	
a)	Déterminer si le bâtiment peut adapter les exigences de l'occupant;
b)	Tracer des dessins de visualisation tridimensionnelle des méthodes d'assemblage, par exemple la construction des cloisons, en particulier au niveau des intersections;
c)	Déterminer la faisabilité des détails de construction;
d)	Analyser la façon dont l'intérieur a été subdivisé, c'est-à-dire en petites aires sans cloisons, en grandes aires sans cloisons, en petites aires de planchers, etc.;
e)	Les caractéristiques particulières de construction telles que les grandes fontaines intérieures;
f)	Dresser une liste des types et du nombre d'exigences et d'installations du client telles que les cafétérias ou les salles d'ordinateurs;
g)	Déterminer si les critères de rendement spécifiés sont conformes aux normes et codes en vigueur;
h)	Déterminer si des changements importants ont été apportés aux bâtiments et si les registres ont été mis à jour.

Tableau 3.1.12 Données sur le son ambiant tirées des plans et devis d'architecture pour l'étape I.

Source: Plans et devis de mécanique	
a)	Localiser l'emplacement des gaines de soufflage d'alimentation et de retour des installations mécaniques;
b)	Vérifier si les critères de rendement du bâtiment et de ses installations sont conformes aux règles de l'art.
c)	Au besoin, préparer une description générale des installations mécaniques indiquant, entre autres, le type de système et d'équipement;
d)	Au besoin, tracer des schémas des zones desservies par les installations mécaniques, y compris les locaux climatisés et non climatisés ainsi que le plénum.

Tableau 3.1.13 Données sur le son ambiant tirées des plans et devis de mécanique pour l'étape I.

Source: Avant-projet	
a)	Description des activités initiales des clients à l'intérieur du bâtiment;
b)	Le nombre prévu d'occupants et l'horaire d'occupation dans le bâtiment;
c)	Équipement du client initialement prévu;
d)	Services du bâtiment;
e)	Type de locaux initialement requis;
f)	Les normes régissant la conception initiale du bâtiment;
g)	Les critères de rendement;
h)	Exigences pour le matériel spécial;
i)	Exigences pour les fournitures spéciales;
j)	La fréquence de changement prévue dans les fonctions du client.

Tableau 3.1.14 Données sur le son ambiant tirées de l'avant-projet pour l'étape I.

Source: Archives - Fichiers centraux	
a)	Les problèmes qui apparaissent au cours de la conception, de la construction et de l'occupation des locaux;
b)	La justification et les raisons des changements apportés au bâtiment;
c)	Les changements cycliques dans la nature et la fréquence des plaintes.

Tableau 3.1.15 Données sur le son ambiant tirées des archives - Fichier central - pour l'étape I.

Source: Archives - Rapports antérieurs	
a)	Le type de problèmes survenus dans le bâtiment;
b)	Une liste de toutes les recommandations faites pour résoudre les problèmes;
c)	Les commentaires sur l'efficacité des solutions recommandées si elles ont été mises en application.

Tableau 3.1.16 Données sur le son ambiant tirées des archives - Rapports antérieurs - pour l'étape I.

Source: Archieves - Documentation sur la consommation	
a)	Commentaires sur la façon la plus efficace de réduire les frais d'énergie. Une réduction ou une augmentation du débit d'air pourraient avoir un effet sur le niveau sonore produit par les installations mécaniques.

Tableau 3.1.17 Données sur le son ambiant tirées des archives - Données de consommation - pour l'étape I.

Exemple d'une analyse des plans et archives pour l'étape I:

La Division du rendement des immeubles a récemment effectué une évaluation acoustique au cours de laquelle les devis d'architecture et de mécanique d'un bâtiment ont été analysés. Il s'agissait des seuls documents disponibles sur le projet. L'analyse a révélé que le cahier des charges de la construction était incomplet.

Les extraits suivants sont tirés de deux sections des cahiers des charges portant sur les niveaux sonores ambiants.

CAHIER DES CHARGES DE MÉCANIQUE:

Section 15160 (isolation antivibratoire)

1.2.1 Fournir des dispositifs antivibratoires et d'insonorisation tels que spécifiés dans le présent document et illustrés ou indiqués sur les plans.

1.2.2 Insonoriser les installations mécaniques de façon à maintenir un niveau de bruit acceptable (NC) dans les locaux occupés.

1.2.3 Le critère de bruit est ... (on ne retrouve aucune autre information à ce sujet dans cet article du cahier des charges ni dans aucun supplément).

1.2.4 Un seul fournisseur doit être responsable de tous les matériaux antivibratoires et insonorisants et doit fournir, à la demande de l'installateur, aide et surveillance sur le chantier sans frais supplémentaires.

1.2.5 Être présent durant les essais d'insonorisation effectués conformément à la section 15990.

Section 15990 (équilibrage)

2.4.1.1 Schéma décrivant la relation de la source sonore par rapport à l'instrument de mesure.

2.4.2 Mesure pondérée "A", lue à chaque bande d'octave spécifiée.

2.4.3 Graphique illustrant la relation entre les niveaux de pression acoustique spécifiés et ceux mesurés.

3.3.1 Prendre des mesures pondérées "A" à chaque bande d'octave supérieure à la plage complète des fréquences audio aux endroits spécifiés.

3.3.2 Suite à tout travail de construction visant à corriger l'acoustique, prendre toutes les mesures nécessaires pour vérifier que l'équilibre de l'air et de l'eau n'a pas été modifié et que tout déséquilibre est rectifié.

3.3.3 Les mesures acoustiques définitives et leur emplacement doivent être consignés dans un rapport certifié.

Avant-projet

L'avant-projet spécifiait qu'aucun bruit de toutes les installations mécaniques internes du bâtiment ne devraient être entendu dans les salles de formation et

que le bruit des ventilateurs et de l'air des salles voisines devait être minime. Les plafonds, murs, planchers et portes devaient être choisis en tenant compte de l'acoustique.

Conclusions:

Il est évident que les experts-conseils auraient dû fournir plus d'informations au moment de la construction. Le cahier des charges aurait dû être complet.

Il serait également très utile d'améliorer le système d'archivage et de recherche des documents du bâtiment.

Les rapports exigés aux sections 15160 et 15990 n'étaient pas disponibles au moment où l'évaluation a été entreprise.

Les enquêteurs ont dû faire face aux contraintes suivantes parce que le cahier des charges était incomplet et qu'ils n'ont pu se procurer les documents de mise en service:

a) Aucun niveau n'est spécifié pour le bruit ambiant produit par des installations mécaniques.
b) On ne connait pas le comportement des installations du bâtiment au moment de la mise en service;
c) Bien que le rendement des installations puisse être évalué au moment des mesures in situ, on ne peut faire de comparaison entre le présent rendement et le rendement original.

Inspection du bâtiment

Au cours de l'inspection, plusieurs facteurs doivent être observés et notés. Ces observations comprennent la comparaison des documents "tel que construit" et des conditions "actuelles"; les types de locaux examinés; l'utilisation de l'espace par les occupants; l'existence de possibles zones à problème et les conditions thermiques, visuelles et auditives produisant un environnement inacceptable.

L'inspection consiste généralement en une "visite guidée" du bâtiment soit par le personnel des Travaux publics du Canada, soit par un représentant du service des locaux de l'organisme client. L'inspection, effectuée au cours des heures normales de travail, permet de s'informer sur la façon dont les occupants utilisent chaque local.

Durant l'inspection, il est important d'inspecter toutes les zones du bâtiment. En plus des locaux occupés, l'inspection doit également inclure les zones inoccupées ou occupées occasionnellement tels que les locaux de rangement, locaux techniques, les plates-formes de chargement et les garages de stationnement.

Il faut s'assurer que les conditions dans lesquelles les observations sont faites sont représentatives. Les effets des conditions saisonnières doivent aussi être pris en considération lorsque nécessaire. L'emploi fréquent de photographies est très utile.

L'objet de l'inspection est de recueillir des renseignements sur les éléments suivants:

a) Les cas où le bruit constitue un danger;
b) Les cas où il faudrait installer des panneaux avertisseurs ou d'autres dispositifs d'avertissement;
c) L'orientation des postes de travail, le regroupement des activités, le type d'équipement de bureau, l'emplacement de l'équipement, le degré d'insonorisation de l'équipement;
d) La proportion et l'emplacement des aires de planchers sans cloisons par rapport aux bureaux avec cloisons;
e) La présence de zones inutilisées ou sous-utilisées;
f) Les relations d'utilisation des espaces;
g) L'ameublement des occupants;
h) Les grosses pièces d'équipement tels que les photocopieuses, les ordinateurs, les déchiqueteuses à papier, les appareils de cuisine;
i) Les exigences particulières pour chaque local ou tâche;
j) La densité et l'horaire d'occupation;
k) Les politiques, exigences et horaires en dehors des heures normales d'occupation;
l) Le degré d'utilisation des services du bâtiment tels que les cafétérias et les salles de toilette;
m) Le nombre et le type d'équipements ainsi que leurs horaires de fonctionnement;
n) Le bâtiment est-il en bon état? (Niveaux de nettoyage et d'entretien général);
o) Le nombre d'écrans utilisés;
p) La densité, la hauteur, la couleur des écrans et leur distance du plancher;
q) La hauteur des cloisons;
r) La construction des cloisons;
s) Les pénétrations des cloisons;
t) Les principaux changements au bâtiment tels que les modifications aux murs ou fenêtres ou l'élimination d'appareils d'éclairage;
u) Le type, l'usage et l'état des rideaux, stores, etc.
v) Les distractions et perturbations causées par l'équipement de bureau, les postes de travail voisins, les groupes ou les activités de nettoyage;
w) Le niveau d'utilisation des téléphones;
x) Le bruit de chacune des installations du bâtiment (mécanique, éclairage, circulations, etc.);
y) Éléments désajustés ou faisant du bruit tels que l'ossature de plafond ou les luminaires;
z) L'expression subjective de la confidentialité des conversations;
aa) La présence d'un système de couverture du bruit ou d'un système audio;
bb) La configuration des installations mécaniques et les caractéristiques des sous-systèmes telles que: réseau périphérique et réseau intérieur, volume d'air variable, volume constant;

cc)	Le type, l'emplacement et le rendement des bouches de soufflage;
dd)	La température et l'humidité du bâtiment en général – s'il y a des problèmes à ces niveaux, la sensibilité des occupants peut être rehaussée au point que des conditions acoustiques qui, autrement, seraient acceptables peuvent devenir une source de mécontentement.

Tableau 3.1.18 Éléments du bruit ambiant à considérer au cours de l'inspection.

Les mesures suivantes peuvent être prises au cours de l'inspection:	
a)	Les pressions acoustiques linéaires et pondérées A;
b)	Les niveaux en octaves et en tiers d'octave.

Tableau 3.1.19 Mesures du son ambiant couramment prises au cours d'une inspection.

Analyse de l'occupation et de l'utilisation

Cette partie de l'évaluation permet de recueillir des renseignements précis sur les aptitudes, la perception et le comportement des usagers. Ce travail permet de mieux comprendre la nature des interactions entre le bâtiment, ses occupants et leurs activités.

Étant donné que cette étape d'enquête porte autant sur les problèmes généraux que particuliers, et que chaque bâtiment a ses propres contraintes en tant que temps et argent, les techniques d'évaluation peuvent varier d'un bâtiment à un autre. Quoi qu'il en soit, il est souvent nécessaire d'utiliser plus d'une méthode pour recueillir l'information afin de réduire au minimum l'erreur inhérente à une seule méthode.

Une analyse détaillée peut comprendre des annotations de plans, d'observations, d'entrevues et de questionnaires portant sur des points précis.

On trouvera une description détaillée de chacune de ces techniques dans les documents de classe D portant le titre correspondant.

Les tableaux suivants résument les aspects relatifs au bruit ambiant qui peuvent être considérés au cours de l'analyse de l'occupation et de l'utilisation:

Source:	Occupants et gérant d'immeubles
a)	Information sur les activités et exigences du client;
b)	Dessins illustrant la disposition des zones, et la description des activités dans ces zones;
c)	Nombre et répartition des occupants dans tout le bâtiment;
d)	Changement dans la densité ou le profil d'occupation au cours de la journée ou le remplacement d'une équipe de travail à l'autre;
e)	Orientation des postes de travail;
f)	Types d'équipement de bureau en place;
g)	Emplacement et niveau d'isolation de l'équipement de bureau;
h)	Vibration et niveau d'insonorisation de l'équipement;

i) Utilisation du téléphone;
j) Bruit de fond;
k) Bruit de l'équipement de bureau;
l) Autres bruits dans le bâtiment;
m) Bruit provenant de l'extérieur du bâtiment;
n) Niveaux de bruit au cours de la journée;
o) Bruit compromettant avec la sécurité;
p) Eventualité de tintements aux oreilles des occupants, ce qui pourrait indiquer une surexposition à un bruit excessif;
q) Utilisation de ventilateurs ou autres mechanismes facilitant une circulation d'air;
r) Distractions et interruptions dues aux installations du bâtiment;
s) Distractions causées par le système d'éclairage;
t) Distractions causées par le soufflage de l'air;
u) Distractions causées par les espaces de circulation (corridors par ex.);
v) Distractions causées par les discussions dans des bureaux voisins;
w) Futures utilisations ou exigences prévues du bâtiment.

Tableau 3.1.20 Éléments du son ambiant à considérer au cours de l'analyse de l'occupation et de l'utilisation (source: occupants et gérants d'immeubles)

Source: Concierges

a) Utilisation par les occupants
- moments où les occupants arrivent, partent, et ce qu'ils font;
- à quels moments les installations mécaniques ou autres installations spéciales sont-elles mises en marche?;

b) Exigences des occupants - quelques conditions spéciales?

c) Problèmes antérieurs reliés au bâtiment;
- Toutes améliorations ou modifications qui peuvent avoir influencé les niveaux sonores ambiants;

d) Histoire du bâtiment:
- au moment de la construction - quel critère a été retenu durant la conception et la construction originales du bâtiment?;
- à quel moment a-t-on apporté des modifications et de quelle nature étaient-elles? - éléments tels que nouvelles installations aux systèmes du bâtiment ou nouvelles méthodes d'opération qui peuvent avoir affecté le bruit ambiant,
- les activités ou exigences des occupants ont-elles changé?;
- quels problèmes sont survenus avec le bâtiment et comment ont-ils été résolus?

Tableau 3.1.21 Éléments du son ambiant à considérer au cours de l'analyse de l'occupation et de l'utilisation (source: concierges).

Source: Installations spéciales
a) Heures d'occupation et profil de population; b) Méthodes et horaires d'arrêt de l'équipement.

Tableau 3.1.22 Éléments du son ambiant à considérer au cours de l'analyse de l'occupation et de l'utilisation (source: personnel affecté aux installations spéciales).

Source: Sécurité du bâtiment
a) Le nombre et l'emplacement des occupants demeurant dans le bâtiment en dehors des heures normales de travail; b) La régulation et l'horaire des installations d'éclairage, de chauffage et de ventilation; c) L'horaire des services de nettoyage.

Tableau 3.1.23 Éléments du son ambiant à considérer au cours de l'analyse de l'occupation et de l'utilisation (source: sécurité du bâtiment).

3.1.1.4 Évaluation

Les résultats de l'analyse des plans et archives, de l'interrogation des occupants et de l'inspection peuvent suffire à trouver la solution au problème. Les valeurs de pression acoustique linéaire et pondérée A sont comparées aux niveaux acoustiques d'un environnement typique de bureau tel qu'énoncés au tableau 3.1.5.

3.1.1.5 Moment de l'évaluation et ressources à prévoir

Les valeurs suivantes donnent une idée du temps nécessaire pour effectuer une enquête à l'étape 1. Ces données sont basées pour l'étude d'une aire de plancher d'environ 10 000 m².

Analyse des plans et archives:

3 jours-personne après réception des documents pertinents.

Inspection:

4 jours-personne.

Réponses des occupants et entrevues avec les gérants d'immeubles:

2 jours-personne. Cette activité ne devrait inclure que les travaux nécessaires pour évaluer la nature des problèmes acoustiques. Pour ce qui est du temps nécessaire pour des questionnaires à plus long terme, consultez le document de classe D intitulé "Questionnaires".

Les valeurs ci–dessus ne sont qu'approximatives et doivent être utilisées seulement pour l'estimation. Le temps de travail précis dépendra du problème en question. Certaines autres dépenses telles que les frais de déplacement ne peuvent être évaluées que lorsqu'on dispose de tous les renseignements concernant un projet. L'analyse de d'autres phénomènes acoustiques en conjonction avec l'analyse des niveaux de son ambiant de l'étape I pourrait, en fin de compte, réduire le temps global nécessaire.

3.1.1.6 Documentation: établissement et classement des documents de travail

Les résultats et observations de cette étape sont rapportés dans un registre. La documentation est normalement fournie au client sous forme de carnet de notes de projet.

3.1.2 Étape II – Techniques simples de mesure

Le terme "simples" qualifie l'utilisation ou l'application de l'instrumentation et du bloc d'évaluation plutôt que le niveau de complexité des instruments en tant que tel.

3.1.2.1 Description des techniques

Cette étape d'enquête comprend la prise de mesures ponctuelles du son ambiant. Le nombre de prélèvements de mesure peut être très élevé. Le plus important dans cette étape est de s'assurer que les données sont représentatives ou typiques de l'environnement. Dans les cas où les niveaux sonores ambiants des installations mécaniques sont évalués, des mesures ponctuelles sont souvent utilisées. Ces mesures ponctuelles devraient normalement être considérées représentatives des conditions normales de service des installations mécaniques à volume constant. Toutefois, certaines précautions doivent être prises lorsqu'on évalue les niveaux sonores des installations à débit d'air variable puisque le débit d'air soufflé a un effet sur l'émission acoustique.

Pour l'évaluation des niveaux de bruit ambiant pendant les heures normales de travail, il faut prendre un plus grand nombre de mesures ponctuelles pour s'assurer que les données représentent tout l'éventail de niveaux prévalant dans les conditions normales. Une autre solution consiste à évaluer ces niveaux sonores à l'aide d'un système de monitorage à long terme tel que décrit à la section 3.1.3.

3.1.2.2 Équipement

Deux types d'équipement peuvent être utilisés au cours de cette étape. On peut avoir recours à un ensemble sonomètre–filtre tel que décrit à la section 3.1.1.2. Lorsqu'on utilise un sonomètre, il faut généralement mesurer individuellement chaque bande d'octave ou tiers d'octave. On peut aussi utiliser un analyseur de fréquences à affichage numérique pour la collecte des données du bruit ambiant.

Un analyseur de fréquences à affichage numérique est moins facile à porter qu'un sonomètre, mais il offre certains avantages importants:

a)	Les valeurs du spectre sont mesurées en même temps pour tous les octaves ou tiers d'octaves. On évite ainsi d'avoir à mesurer chaque octave ou tiers d'octave individuellement;
b)	L'analyseur peut être réglé de façon à enregistrer le niveau de pression acoustique moyen au cours d'une période prédéterminée. Ce qui simplifie les mesures considérablement et augmente le degré de précision des données. Le résultat fourni par l'analyseur est une valeur moyenne pour la période échantillon. Avec un sonomètre, l'opérateur devrait normalement effectuer certaines interpolations afin de connaître le niveau de pression acoustique moyen;
c)	Les analyseurs sont généralement plus faciles à raccorder à des dispositifs externes tels que des contrôleurs, des ordinateurs ou des mémoires;
d)	Certains analyseurs ont une capacité de mémorisation et d'analyse incorporée.

Tableau 3.1.24 Avantages de l'analyseur de fréquences à affichage numérique pour mesurer les niveaux sonores ambiants.

La Division du rendement des immeubles aux Travaux publics du Canada utilise les appareils Bruel and Kjaer suivants pour cette étape d'enquête:

a)	Sonomètre type 2209 avec filtre de tiers d'octave type 1616;
b)	Sonomètre type 2231 avec filtre d'octaves ou tiers d'octave type 1625;
c)	Analyseur de fréquences à affichage numérique type 2131;
d)	Perche rotative de type 3923.

Les étalons suivants sont utilisés pour l'étalonnage:

a)	Le pistonphone type 4220;
b)	L'étalonneur type 4230.

Tableau 3.1.25 Appareillage utilisé par la Division du rendement des immeubles pour l'évaluation du son ambiant pour l'étape II.

3.1.2.3 Démarche détaillée

Il faut tenir compte d'un certain nombre de facteurs dans l'évaluation des niveaux sonores ambiants. Il faut connaître la précision de l'instrument et cette valeur doit être prise en considération lors de l'évaluation des mesures prises in situ. Pour s'assurer que l'instrument ne s'est pas déréglé pendant une série de mesures, il faut effectuer un étalonnage avant et après chaque série.

L'utilisation des instruments doit être conforme au mode d'emploi recommandé par le fabricant.

Pour la mesure des niveaux sonores ambiants, l'emplacement des mesures peut être déterminé à l'aide d'un quadrillage si le bâtiment n'est pas meublé, ou à des postes de travail représentatifs si le bâtiment est meublé. La hauteur du microphone peut être sélectionnée à 1.1 mètres du plancher pour les mesures prises à la hauteur de la tête en position assise ou à 1.6 mètres pour les mesures prises à la hauteur de la tête en position debout. Pour l'évaluation des caractéristiques du bruit émis par l'équipement de bureau ou d'autres sources sonores, il est important que le microphone soit placé exactement au même l'endroit et à la hauteur où se trouveraient normalement les oreilles de l'opérateur.

Le microphone devrait être omnidirectionnel, c'est-à-dire que sa sensibilité devrait être constante quel que soit l'angle de provenance du son. Une perche rotative peut aussi être utilisée pour faire tourner le microphone sur un trajet circulaire au cours de la période d'échantillonnage. En utilisant une telle perche, on obtient une valeur couvrant une surface prédéterminée plutôt qu'en un seul point.

Les valeurs linéaires devraient normalement être recueillies par octave ou tiers d'octave à partir de 1.6 Hz jusqu'à 20 000 Hz, tout comme les valeurs globales en dB (lin) et en dB(A). On peut également calculer les valeurs en dB(A) à partir des données linéaires.

Les tableaux suivants résument les aspects à considérer au cours de l'enquête de l'étape II.

Système audio et de couverture sonore:
a) La composition spectrale des sons émis par le système;
b) L'émission acoustique du système à chaque réglage de sortie;
c) La constance du son de couverture à l'intérieur de chaque zone et d'une zone à l'autre.

Tableau 3.1.26 Considérations relatives aux installations de couverture sonore pour l'étape II.

Sources de sons ambiants:
a) Niveaux de pression acoustique et composition spectrale des sons émis par les installations du bâtiment telles les installations mécaniques et d'éclairage;
b) Niveaux de pression acoustique et composition spectrale des sons produits par les travaux de nettoyage;
c) Niveaux de pression acoustique et composition spectrale des sons émis par l'équipement de bureau;
d) Niveaux de pression acoustique et composition spectrale des sons produits par les occupants.

Tableau 3.1.27 Considérations relatives à la source de son ambiant pour l'étape II.

Adaptation de l'occupation	
a)	Orientation des postes de travail;
b)	Groupement des activités;
c)	Type d'équipement;
d)	Exigences particulières;
e)	Niveaux globaux de bruit (dB (lin) et dB(A))
f)	Niveaux équivalents de bruit (Leq);
g)	Détermination du risque de perte d'audition due au bruit.

Tableau 3.1.28 Considérations relatives à l'adaptation du mode d'occupation pour l'étape II.

En plus des éléments mentionnés précédemment, une évaluation du bruit ambiant doit aussi tenir compte d'autres facteurs, dont:

a)	Le type de bureau (à aires ouvertes ou fermées, avec écrans ou cloisons);
b)	Le nombre et l'horaire des occupants;
c)	La proximité ou l'éloignement des occupants par rapport à l'enveloppe extérieure;
d)	La proximité de l'équipement produisant de la chaleur (concentrations de la charge thermique);
e)	L'étalonnage des thermostats;
f)	L'horaire de fonctionnement des ventilateurs;
g)	L'évaluation de l'effet des améliorations recommandées du rendement sur les conditions acoustiques.

Tableau 3.1.29 Éléments interdisciplinaires considérés au cours de l'évaluation du son ambient pour l'étape II.

3.1.2.4 Évaluation

Les mesures prises devraient être comparées aux critères acoustiques applicables à la zone testée, ce qui peut nécessiter la compilation des critères de bruit, de bruit perçu ou de pièce pour comparaison au devis de construction du bâtiment ou à d'autres mesures de référence telles que les valeurs globales en dB(A). Le diagramme ci-dessous est un spectre typique de bruit ambiant à partir duquel on a déterminé la valeur du critère de bruit. Le spectre illustre à la fois les valeurs par octave et par tiers d'octave (lin) aussi bien que les valeurs globales linéaires et en dB(A).

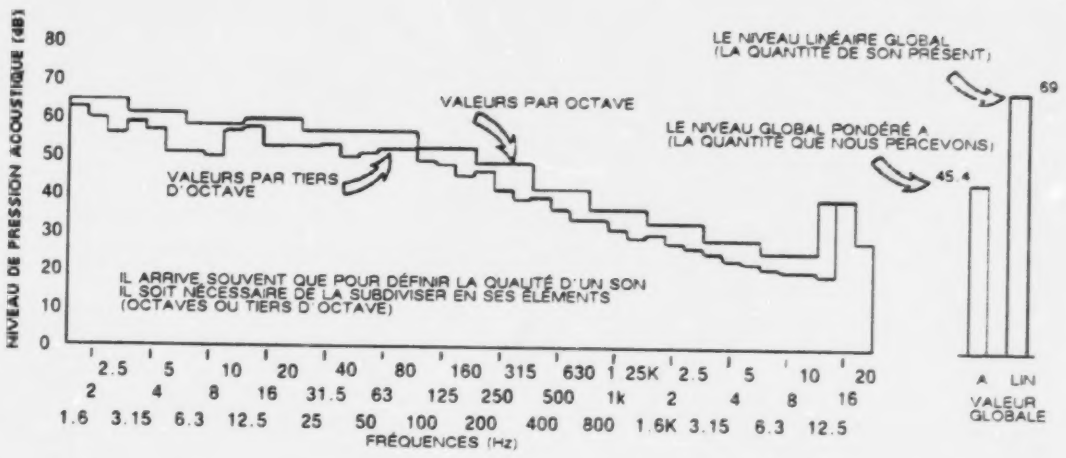


Figure 3.1.5 Spectre typique de son ambiant.

Les mesures prises au cours des heures normales de travail devraient être évaluées en tenant compte des critères suivants:

a)	la pression globale en dB(A)
b)	la pression globale en dB(lin)
c)	les critères de bruit, de bruit perçu ou de pièce (NC, PNC ou RC)
d)	la présence de tonalités
e)	les valeurs minimales et maximales de chacune des valeurs ci-dessus
f)	les principales sources de bruit
g)	les écarts des niveaux de bruit dans une zone de travail (uniformité)

Tableau 3.1.30 Critères d'évaluation du bruit ambiant dans des locaux occupés.

3.1.2.5 Moment de l'évaluation et ressources à prévoir

Les intervalles de temps suivants doivent être alloués à une personne pour effectuer une analyse de bruit ambient à l'étape II.

Collecte et analyse des plans et archives (voir l'étape I)	
Vérifier, emballer et expédier le matériel sur place	4 heures
Prendre 50 mesures à raison de 1/2 heure par mesure	25 heures
Prendre 20 mesures en dehors des heures normales de travail à raison de 1/2 heure par mesure	10 heures
Analyse et documentation	35 heures

Les temps de déplacement aller et retour ne sont pas inclus dans cette estimation. Les évaluations définitives de temps ne peuvent être faites qu'une fois l'étendue des travaux bien définie. Il faut noter que les temps ci-dessus ne portent que sur l'examen des niveaux sonores ambiants. L'analyse de d'autres critères acoustiques en conjonction avec l'analyse des niveaux sonores ambiants de l'étape II permettrait, en fin de compte, de réduire le temps global nécessaire.

3.1.2.6 Documentation: établissement et classement des documents de travail

Les mesures prises in situ sont soit compilées sur des feuilles de données en tiers d'octave ou soit notées manuellement dans un registre. Ces résultats sont fournis au client sous forme d'un carnet de notes de projet.

3.1.3 **Étape III – Monitorage détaillé et spécialisé**

Pour procéder à une évaluation complète des niveaux de bruit ambiant d'un bâtiment, il faut en évaluer les caractéristiques ainsi que l'effet acoustique découlant de la présence des occupants. Pour bien évaluer ce dernier effet, il faut prendre des mesures au cours des heures normales de travail. Pour bien s'assurer que les données obtenues par ces mesures soient représentatives des conditions normales de fonctionnement, il est conseillé de recueillir des données sur les niveaux sonores ambiants au cours d'une longue période.

3.1.3.1 Description des techniques

La mesure du son ambiant sur une longue période (une heure, un jour ou une semaine) fournit des renseignements utiles sur les caractéristiques dynamiques des niveaux sonores dans un bureau au cours des heures normales de travail.

Les caractéristiques spéciales de ces mesures sont les suivantes:	
a)	La collecte de données sur les bandes voisines d'octave ou tiers d'octave, de 1.6 à 20 000 Hz;
b)	La mesure des pressions acoustiques globales linéaires et pondérées A;
c)	La collecte automatisée de données;
d)	L'analyse automatisée des données.

Tableau 3.1.31 Caractéristiques du monitorage à long terme des niveaux sonores ambiants.

3.1.3.2 Équipement

Le système utilisé et conçu spécialement pour le monitorage à long terme du son ambiant est un système Bruel and Kjaer constitué des instruments suivants:

a)	Un analyseur de fréquences à affichage numérique de type 2131;
b)	Un pistonphone de type 4220;
c)	Un étalonneur de type 4230;
d)	8 microphones de type 4165;
e)	8 préamplificateurs de type 2619;
f)	Un magnétophone à cassettes à affichage numérique Bruel and Kjaer type 7400;
g)	Un multiplexeur Bruel and Kjaer type 2811;
h)	Un micro-ordinateur Hewlett-Packard Type 9816 avec logiciel personnalisé;
i)	Une unité de disque double Hewlett-Packard type 9121;
j)	Un logiciel de commande personnalisé.

Tableau 3.1.32 Appareillage utilisé par la Division du rendement des immeubles pour le monitorage à long terme des niveaux sonores ambiants pour l'étape III.

Le schéma ci–dessous illustre le montage du matériel:

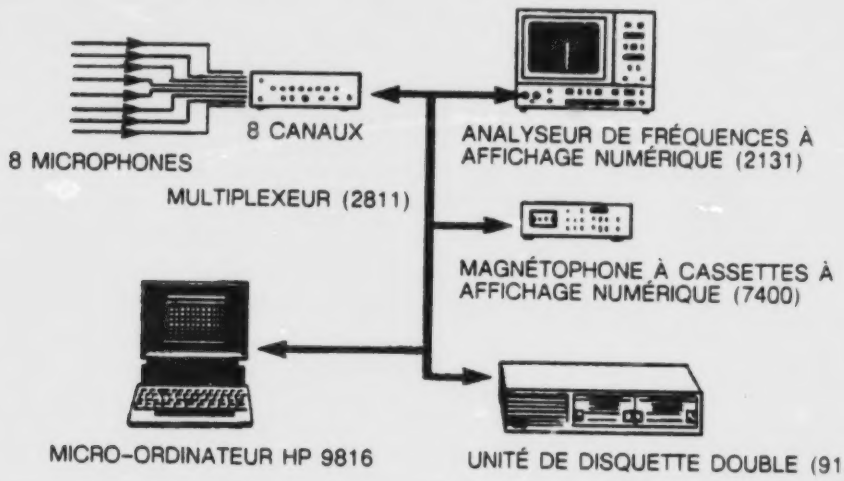


Figure 3.1.6 Appareillage requis pour le monitorage à long terme des niveaux sonores ambiants.

3.1.3.3 Démarche détaillée

Le monitorage des niveaux sonores sur une longue période s'effectue à l'aide d'un système d'instrumentation et de logiciel spécialement conçus. La première chose à faire est de choisir les emplacements appropriés pour les échantillonnages. Un grand bureau sans cloisons est idéal pour cette application. Les microphones sont placés de façon à fournir des données sur une combinaison de postes de travail situés en périphérie, à l'intérieur et dans le milieu de l'aire de plancher. Au besoin, on peut effectuer un monitorage des niveaux sonores dans des bureaux avec cloisons. Les microphones sont généralement placés à 150 ou 200 mm sous le faux–plafond. La sensibilité et les caractéristiques omnidirectionnelles des microphones permettent de surveiller les niveaux sonores dans un plus grand volume. Il y a une légère différence entre les niveaux sonores à la hauteur de tête lorsqu'en position assise et celle près du plafond, mais cette différence est généralement négligeable. Pour s'assurer que cette différence est minime dans toutes les conditions rencontrées, il faudrait prendre une mesure à hauteur de tête d'une personne assise.

3.1.3.4 Évaluation

Le monitorage à long terme des niveaux sonores ambiants permet de recueillir une plus grande quantité des données. Environ 25 000 mesures sont prises par jour. Un logiciel a été élaboré afin d'analyser cette information.

Pour chaque spectre mesuré, les valeurs suivantes sont calculées à partir de valeurs linéaires de tiers d'octave:

a)	Les valeurs linéaires par octave;
b)	La valeur linéaire globale;
c)	Les valeurs en dB(A) par tiers d'octave;
d)	Les valeurs en dB(A) par octave;
e)	Les valeurs globales en dB(A);
f)	Les valeurs du critère de bruit (NC);
g)	Les valeurs du critère de bruit perçu (PNC);
h)	Les valeurs du critère de pièce (RC);
i)	L'examen du spectre pour déceler la présence de tonalités.

Tableau 3.1.33 Liste des valeurs calculées lors de l'analyse des niveaux sonores ambiants mesurés sur une longue période.

La figure qui suit est un exemple des données obtenues pour un spectre:

DOSSIER: 7 janvier
7 janvier 85, SON AMBIANT, LOCAUX OCCUPÉS
PERSONNEL 3e ÉTAGE
CANAL 6 EMPLACEMENT 168
Jour 7 1998 9: 5, Niveau de référence: 20.0
SÉQUENCE N°: 1 BALAYAGE N°: 6

VALEURS PAR TIERS D'OCTAVE									VALEURS PAR OCTAVE					
Hz	dB	dBA	Hz	dB	dBA	Hz	dB	dBA	Hz	dB	dBA	NC	PNC	RC
1.6	64.1	0.0	2.0	61.0	0.0	2.5	59.5	0.0	2.0	66.7	4.8	0.	0.	0.
3.2	59.5	0.0	4.0	61.2	0.0	5.0	58.1	0.0	4.0	64.6	4.8	0.	0.	0.
6.3	54.0	0.0	8.0	52.5	0.0	10.0	54.7	0.0	8.0	58.6	4.8	0.	0.	0.
12.5	56.5	0.0	16.0	55.0	0.0	20.0	56.5	6.0	16.0	60.8	7.8	0.	0.	0.
25.0	54.1	9.4	31.5	54.3	14.9	40.0	50.1	15.5	31.5	58.0	18.8	0.	0.	33.
50.0	49.7	19.5	63.0	52.9	26.7	80.0	55.7	33.2	63.0	58.2	34.2	32.	39.	38.
100.0	55.1	36.0	125.0	49.7	33.6	160.0	48.5	35.1	125.0	56.9	39.8	40.	44.	42.
200.0	45.9	35.0	250.0	45.0	36.4	315.0	39.3	32.7	250.0	49.0	39.7	38.	39.	39.
400.0	43.7	38.9	500.0	36.4	33.2	630.0	32.7	30.8	500.0	44.7	40.4	40.	40.	40.
800.0	35.1	34.3	1000.0	29.3	29.3	1250.0	27.8	28.4	1000.0	36.7	36.3	36.	37.	37.
1600.0	29.3	30.3	2000.0	29.6	29.6	2500.0	22.4	23.7	2000.0	32.3	33.5	33.	37.	37.
3150.0	20.0	21.2	4000.0	21.0	21.0	5000.0	20.0	20.4	4000.0	24.8	25.7	27.	32.	35.
6300.0	20.0	19.9	8000.0	18.9	18.9	10000.0	21.8	19.3	8000.0	25.5	24.2	29.	32.	0.
12500.0	20.0	15.7	16000.0	33.6	33.6	20000.0	29.3	20.0	16000.0	40.6	33.9	0.	0.	0.

dB(lin) global = 70.6
dB(A) global = 46.3
Tonalité décelée à 16 000.0 Hz

NC global = 40.
PNC global = 44.
Tonalité pure décelée à 0.0 Hz

RC global = 42.
SIL global = 34.6

Figure 3.1.7 Données de sortie typiques du logiciel analytique utilisé pour l'évaluation des données recueillies sur le son ambiant au cours d'une longue période.

Lorsqu'on considère plusieurs spectres en même temps, les valeurs suivantes peuvent être calculées:

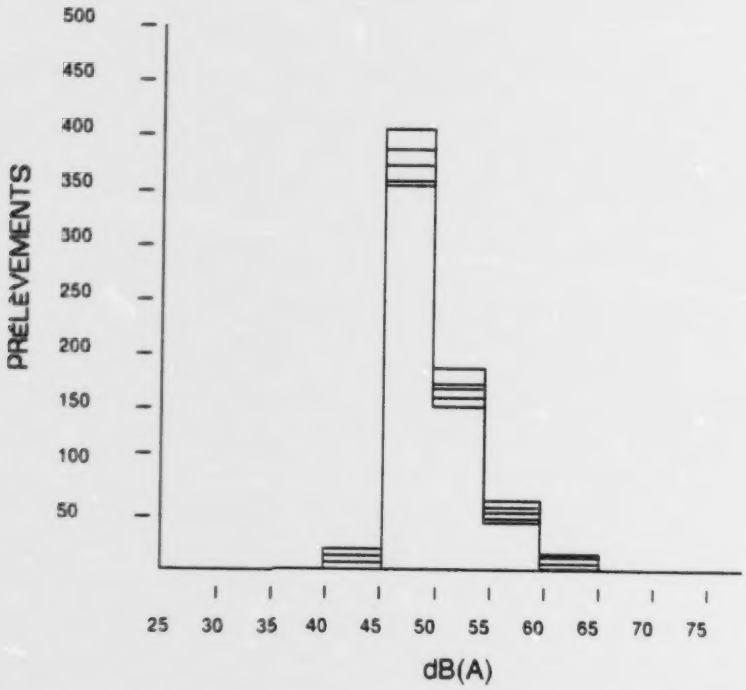
a)	Les valeurs minimales et maximales pour chaque tiers d'octave;
b)	Un histogramme illustrant les valeurs de dB(lin), dB(A), NC, PNC et RC.

Tableau 3.1.34 Analyse de multiples spectres du son ambiant pris au cours d'une longue période.

Les graphiques ci-dessous sont des histogrammes des données recueillies au cours d'une semaine de travail de 5 jours:

DISTRIBUTION DES VALEURS
(dB(A))

	25 . . . 30	. . . 35	. . . 40	. . . 45	. . . 50	. . . 55	. . . 60	. . . 65	. . . 70	. . . 75
LUNDI	0	0	0	1	363	186	49	1	0	0
MARDI	0	0	0	20	387	153	38	2	0	0
MERCREDI	0	0	0	6	406	145	42	0	1	0
JEUDI	0	0	0	13	367	170	44	6	0	0
VENDREDI	0	0	0	7	378	165	46	4	0	0
TOTAL 3000	0	0	0	47	1901	819	219	13	1	0



HISTOGRAMME DES TOTAUX QUOTIDIENS

Figure 3.1.8 **Histogramme des données recueillies pendant une semaine.**

3.1.3.5 Moment d'évaluation et ressources à prévoir

Les temps suivants donnent une idée approximative du travail requis pour une évaluation de l'étape III:

a)	Vérifier, emballer et expédier l'équipement sur les lieux de l'enquête	12 heures
b)	Installer l'équipement à chaque emplacement d'essai	8 heures
c)	Démonter le matériel de mesure et le préparer pour l'expédition	8 heures
d)	Analyser et documenter les résultats	40 heures
e)	Entretien du système sur place	2 heures par jour de mesurage

Les temps de déplacement aller et retour ne sont pas inclus dans les totaux ci-dessus. Les estimations définitives du temps nécessaire ne peuvent être déterminées qu'une fois l'étendue des travaux bien définie pour un projet donné. Il faut noter que ces temps ne portent que sur le monitorage à long terme du bruit ambiant. L'analyse d'autres critères acoustiques en conjonction avec l'analyse de l'étape III pourrait, en fin de compte, permettre de réduire le temps global requis.

3.1.3.6 Documentation: établissement et classement des documents de travail

Les données recueillies in situ sont transmises à l'ordinateur VAX 11/780 de la Division du rendement des immeubles pour mise en mémoire et analyse. Le résumé des données fait l'objet d'un rapport de projet.

3.2 PROPAGATION DU SON DANS DES BUREAUX SANS CLOISONS (À AIRES OUVERTES)

Dans des bureaux sans cloisons, les caractéristiques de propagation du son et la qualité du son transmis d'un endroit à un autre constituent un élément important de l'acoustique architecturale. Il est recommandé d'introduire autant d'atténuation ou de réduction que possible au niveau sonore entre les différents postes de travail afin de permettre des niveaux optimaux de conversations privées.

La présente section analyse les techniques d'évaluation des caractéristiques de propagation du son et relie ces caractéristiques à un système subjectif connu sous le nom d'"indices d'articulation." Ce système permet d'évaluer l'aptitude d'un local à permettre des conversations privées et les communications verbales.

Dans des bureaux sans cloisons, la difficulté de tenir une conversation privée est souvent une des principales causes d'insatisfaction des employés. Il n'est donc pas surprenant que cette plainte soit courante. Le concept de bureaux sans cloisons est caractérisé par la flexibilité de la disposition, par la mobilité des occupants et par les communications visuelles et verbales. Par conséquent, les locaux favorisant les communications verbales n'offrent généralement pas beaucoup de confidentialité pour les communications privées. Si l'on recherche un haut degré de discrétion, de sécurité physique et d'absence de distraction, les bureaux avec cloisons peuvent constituer la seule solution

possible. Là encore, les cloisons de pleine hauteur ne garantissent pas la confidentialité des conversations, à moins que la conception et la construction soient particulièrement soignées.

Si l'on cherche à obtenir un degré inférieur de confidentialité dans des bureaux sans cloisons, un ou plusieurs des éléments suivants sont généralement requis:

a)	Une séparation physique entre le locuteur et l'auditeur (une distance de 5 mètres ou plus peut être nécessaire);
b)	L'augmentation du niveau de son ambiant pour couvrir la conversation et les autres bruits indésirables;
c)	La présence d'écrans ou de cloisons d'isolement entre le locuteur et les positions voisines de réception. Bien que l'utilisation de tels écrans contribue à augmenter la quantité de matériaux insonorisants, leur seule utilisation ne permet pas, généralement, d'assurer la confidentialité des conversations.

Tableau 3.2.1 Critères pour assurer le caractère privé des conversations dans des bureaux sans cloisons.

On mesure l'atténuation du son entre deux endroits en émettant un signal à partir d'une source sonore étalonnée située en un point donné et en mesurant le signal au point de réception. L'écart enregistré est l'atténuation.

Un champ acoustique est libre lorsqu'il ne comporte ni surfaces réverbérantes ni surfaces absorbantes et que l'air y constitue le seul milieu de propagation du son. Dans ces conditions, les niveaux sonores diminuent de 6 dB à chaque fois que la distance à partir de la source sonore double. Quoi qu'il en soit, dans une aire de bureaux sans cloisons typiques (sans ameublement), le son est généralement atténué de 4 à 6 dB chaque fois que la distance double. La présence d'ameublement améliore souvent cette atténuation à des valeurs comprises entre 5 et 7 dB. La référence à l'atténuation dans un champ acoustique libre n'est faite qu'à titre comparatif. L'atténuation de 6 dB pour chaque doublement de distance ne garantit pas la confidentialité des conversations.

Lorsque la distance entre la source et le récepteur est inférieure à 3 mètres, les valeurs d'atténuation se situent généralement dans une plage inférieure (dB par doublement de distance) aux valeurs mesurées lorsque la distance est supérieure à 3 mètres.

La valeur d'atténuation dépend de la quantité de matériaux absorbant les sons dans le local, et aussi bien par les caractéristiques du trajet de transmission entre la source et le récepteur. Un trajet sans obstacle atténue évidemment moins qu'un trajet où des écrans de faible hauteur ou autres meubles empêchent un trajet direct.

La quantité relative de matériaux absorbants entre le locuteur et l'auditeur peut être déterminée en mesurant le temps de réverbération. Plus le son s'éteint rapidement, plus il y a de matériaux absorbants. La mesure des caractéristiques de propagation du son fournit une indication de la répartition des matériaux insonorisants. Les techniques de mesure du temps de réverbération sont décrites à la section intitulée "Temps de réverbération".

Les données mesurées sont utilisées pour établir l'indice d'articulation entre deux endroits. L'indice d'articulation est une mesure du degré de confidentialité des conversations entre deux endroits ou, inversement, de l'audibilité des sons prononcés entre deux endroits. Par conséquent, une confidentialité de 100 % correspondrait à une audibilité de 0% et vice-versa. Le tableau 3.2.2 illustre la relation entre les conditions de confidentialité des conversations et d'audibilité des sons prononcés.

I.A.	CONDITION DE CONFIDENTIALITÉ	CONDITION D'AUDIBILITÉ
1.0		
0.9		
0.8		
0.7	Nulle	Excellente
0.6		Bonne
0.5		
0.4	Très mauvaise	Moyenne
0.3		
0.2	Mauvaise	Mauvaise
0.1	Acceptable	Très mauvaise
0	Excellente	Nulle

Tableau 3.2.2 Résumé des conditions de confidentialité et d'audibilité des sons prononcés.

Dans les bureaux sans cloisons, il est difficile de réaliser une confidentialité totale pour chaque occupant. Il faudrait, tout de même, assurer la confidentialité des conversations des groupes de gens travaillant ensemble, ce qui peut généralement être obtenu par une distance de 5 à 7 mètres entre le locuteur et l'auditeur.

Les quatre principaux facteurs suivants affectent la clarté des sons prononcés dans toute zone donnée:

a) Les niveaux sonores ambiants qui, s'ils sont suffisants, couvrent les sons prononcés;
b) Le niveau de pression acoustique aux oreilles de l'auditeur, qui dépend de la distance entre le locuteur et l'auditeur, des dimensions ou du volume de la pièce ainsi que la nature de l'environnement immédiat.
c) Le temps de réverbération. Lors d'une conversation normale, les syllables se suivent rapidement et, à moins que chaque syllable s'éteigne rapidement, elle couvrira celle qui suit;
d) La forme de la pièce.

Tableau 3.2.3 Facteurs influant sur le degré de perception des conversations.

Relation entre la propagation du son et les autres aspects qualitatifs

Les mesures prises pour améliorer la confidentialité des conversations d'un lieu de travail peuvent agir au détriment de la performance de d'autres aspects qualitatifs. Par exemple, des écrans de séparation peuvent être installés pour augmenter la confidentialité visuelle et pour mieux délimiter le territoire réservé à un employé. Les

écrans aident généralement à réduire la propagation ou la transmission du son entre les postes de travail. Cette approche peut être avantageuse; toutefois, la prudence est recommandée dans les cas où l'on compte uniquement sur des écrans pour atténuer le bruit.

Les écrans de séparation ne doivent pas diminuer la qualité de l'éclairage, par exemple par des couleurs foncées non réfléchissantes, et ne doivent pas gêner la ventilation des installations mécaniques.

3.2.1. Étape I – Évaluation préliminaire (Introduction)

La première étape ou premier niveau d'enquête comprend les 3 activités suivantes qui peuvent être entreprises ensemble ou individuellement: une analyse des plans et archives; une inspection du lieu de travail, de l'étage ou du bâtiment, et l'interrogation des occupants et du gérant de l'immeuble.

Cette étape peut servir d'exercice préparatoire ou d'introduction afin de se familiariser aux problèmes à régler de façon à établir une description détaillée des travaux. Les renseignements recueillis lors de l'étape I de l'enquête sur la propagation du son ne fournissent que peu d'information. L'évaluation se fait généralement à l'étape II.

3.2.2 Étape II – Techniques simples de mesure

La deuxième étape de l'enquête consiste en des techniques simples de mesure. Le terme "simples" qualifie l'utilisation et l'application des instruments et du bloc d'évaluation et non de la complexité des instruments en tant que tels.

3.2.2.1 Description des techniques

Une source sonore étalonnée, stable et de bande large (100 Hz à 10 000 Hz) produit un signal supérieur de 40 à 50 dB au niveau ambiant. Le niveau sonore est enregistré à une distance de référence (généralement 0.5 m) de la source et est comparé aux niveaux enregistrés aux différents points de réception.

Ces données permettent deux types d'analyse. Premièrement, on peut évaluer la propagation du son (atténuation).

Dans des conditions de "champ acoustique libre", où il n'y a ni surfaces réverbérantes ni surfaces absorbantes, un signal sonore diminue de 6 dB à chaque doublement de distance à partir de la source. Le son dans un bureau typique s'atténue généralement à un taux de 4 à 6 dB par doublement lorsque le local n'est pas meublé et à un taux de 5 à 7 dB par doublement de distance lorsque le local est meublé.

Lorsque l'atténuation est supérieure à la valeur prévue, c'est-à-dire supérieure à 6 dB, la plage où les conversations sont perceptibles est plus restreinte. On peut considérer que la distance entre la source et l'auditeur est plus grande que la distance réelle dans des conditions de champ acoustique libre. Il faut noter que l'intelligibilité des conversations dépend de ce qui est dit (tant sur le plan du niveau acoustique que du contenu) ainsi que du désir d'entendre des gens.

Lorsque l'atténuation est inférieure à la valeur prévue, la conversation se fait entendre de plus loin. On peut considérer que la distance entre l'auditeur et le locuteur est plus courte, c'est-à-dire que la quantité de son qui atteint l'auditeur est aussi élevée que si ce dernier était plus rapproché du locuteur dans des conditions de champ acoustique libre.

Deuxièmement, les données recueillies au cours des mesures servent à déterminer l'indice d'articulation entre deux endroits. Cette valeur permet une évaluation du niveau prévu de confidentialité des conversations.

L'indice d'articulation est déterminé à partir d'une série de bandes pondérées de sons mesurés. Les bandes sont choisies en fonction de leur importance dans la perception des paroles prononcées en présence d'un bruit interférant. Il s'agit, en fait, du rapport signal-bruit, qui est exprimé sous forme d'un nombre compris entre 0.0 et 1.0, ce qui correspond à une intelligibilité variant entre 0 et 100 %. L'indice d'articulation peut être utilisé pour prévoir le degré de confidentialité dans des bureaux sans cloisons.

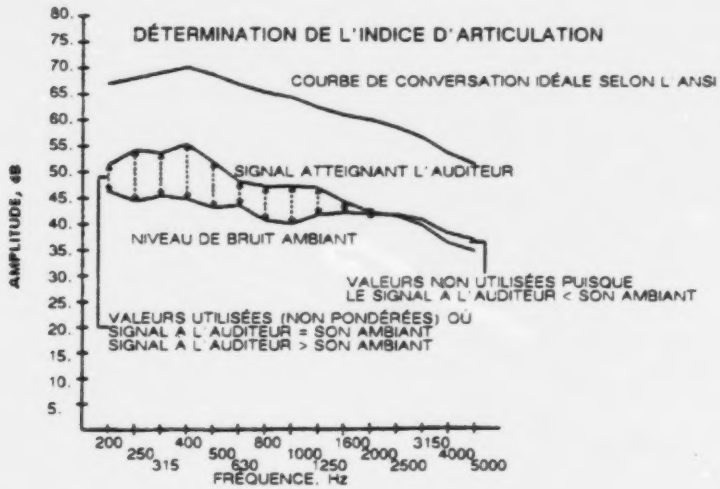


Figure 3.2.1 Exemple de données utilisées pour déterminer l'indice d'articulation

La courbe supérieure de la figure 3.2.1 est la "courbe de conversation idéale" tracée à partir des données de l'American National Standards Institute (ANSI). Le niveau de son ambiant est mesuré et tracé (courbe inférieure) ainsi que le niveau du signal à l'oreille de l'auditeur (courbe du milieu). L'écart entre le niveau du son ambiant et le niveau du signal à l'oreille est mesuré pour chaque tiers d'octave choisi. L'écart, en dB, à chaque fréquence est multiplié par un facteur de pondération et est ajouté comme l'indique le tableau 3.2.3 ci-dessous. On utilise ces facteurs de pondération parce que certaines fréquences sont plus critiques pour l'intelligibilité des sons prononcés.

BANDE DE 1/3 D'OCTAVE	VALEUR NON PONDÉRÉE	x FACTEUR DE PONDÉRATION	= VALEUR PONDÉRÉE
200	5.1	0.0004	0.00
250	9.8	0.0010	0.01
315	8.2	0.0010	0.01
400	10.6	0.0014	0.01
500	8.7	0.0014	0.01
630	4.5	0.0020	0.01
800	6.5	0.0020	0.01
1000	7.2	0.0024	0.02
1250	5.1	0.0030	0.02
1600	2.1	0.0037	0.01
2000	0.3	0.0038	0.00
2500	0.0	0.0034	0.00
3150	0.0	0.0034	0.00
4000	0.0	0.0024	0.00
5000	0.0	0.0020	0.00
			IA = 0.11

Tableau 3.2.4 Exemple de calcul de l'indice d'articulation.

3.2.2.2 Équipement

La Division du rendement des immeubles utilise l'équipement suivant de marque Bruel and Kjaer pour l'analyse des caractéristiques de propagation du son dans des bureaux sans cloisons:

Source sonore de type 4205;
Haut-parleur de type HP1001;
Analyseur de fréquences à affichage numérique de type 2131;
Pistonphone de type 4220;
Étalonneur de type 4230;
Microphone de type 4165;
Préamplificateur de type 2619;
Magnétophone à cassettes à affichage numérique de type 7400;
Perche de microphone rotative de type 3923;
Câbles, trépier, feuilles de données.

Tableau 3.2.5 Appareillage utilisé par la Division du rendement des immeubles pour l'évaluation de la propagation du son dans des bureaux sans cloisons.

Le schéma ci-dessous illustre le montage de l'appareillage:

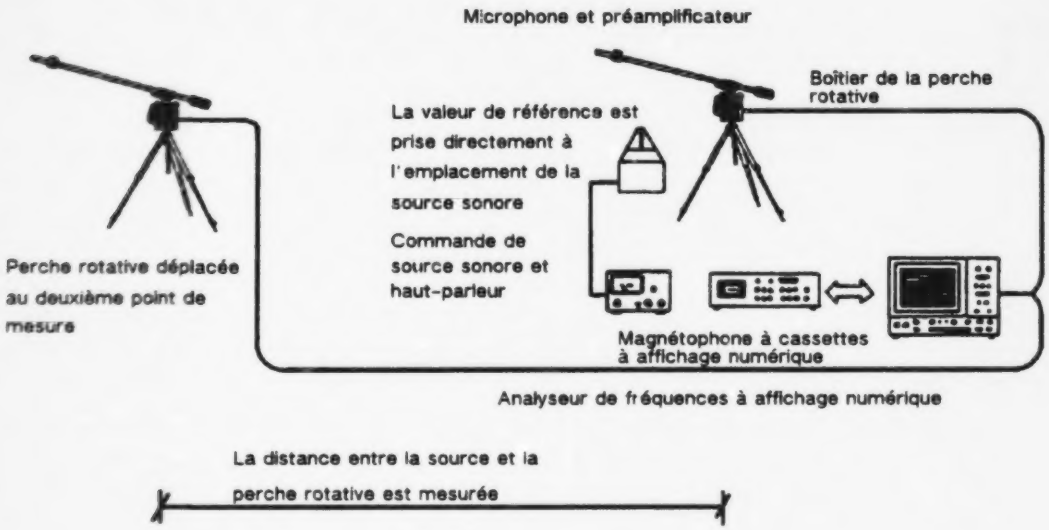


Figure 3.2.2 Appareillage de mesure de propagation du son.

3.2.2.3 Démarche détaillée

Lors de l'évaluation, il faut porter une attention particulière aux facteurs suivants:

a)	Le type de travail effectué par chaque groupe;
b)	Les niveaux sonores ambiants généraux des locaux occupés;
c)	Le jugement subjectif du degré de confidentialité des conversations requis pour permettre aux occupants de remplir leurs fonctions et sur le degré d'intimité réellement fourni par les locaux;
d)	Le jugement subjectif sur le degré de confidentialité des conversations dans des bureaux sans cloisons.
e)	La quantité et le type de mobilier du bureau (surfaces dures et réfléchissantes ou matériaux acoustics absorbant);
f)	Le traitement de grandes surfaces verticales.

Tableau 3.2.6 Facteurs à considérer dans l'évaluation de la propagation du son.

La marche à suivre est indiquée ci-après. Il faut faire fonctionner le matériel conformément aux instructions du fabricant.

a)	L'appareillage doit être étalonné à l'aide de deux sons de référence d'essai conformément aux instructions du fabricant;
b)	Le microphone est placé à 1.1 mètres du plancher, correspondant à la hauteur de la tête d'une personne assise. La perche rotative du microphone est réglée à un rayon de rotation de 0.5 mètre;

c)	L'analyseur de fréquences à affichage numérique doit être placé assez loin du microphone pour éviter que celui-ci ne capte le bruit de l'analyseur;
d)	Un prélèvement de référence est pris à 0.5 mètre de la source;
e)	D'autres mesures sont prises à des postes de travail voisins. La distance entre la source et le microphone est enregistrée;
f)	Dans la mesure du possible les aires de bureau inoccupées et non meublées dans le bâtiment sont également soumises aux tests;
g)	Les données sont enregistrées à l'aide du magnétophone à cassettes à affichage numérique ou manuellement sur les feuilles de données par tiers d'octave;
h)	Les niveaux de bruit ambiant sont nécessaires pour calculer l'indice d'articulation entre deux points.

Tableau 3.2.7 Méthode d'évaluation de la propagation du son.

3.2.2.4 Évaluation

Les mesures recueillies sont comparées à l'atténuation de 6 dB par doublement de distance dans un champ acoustique libre. Les comparaisons peuvent être faites avec des zones semblables à l'intérieur du bâtiment.

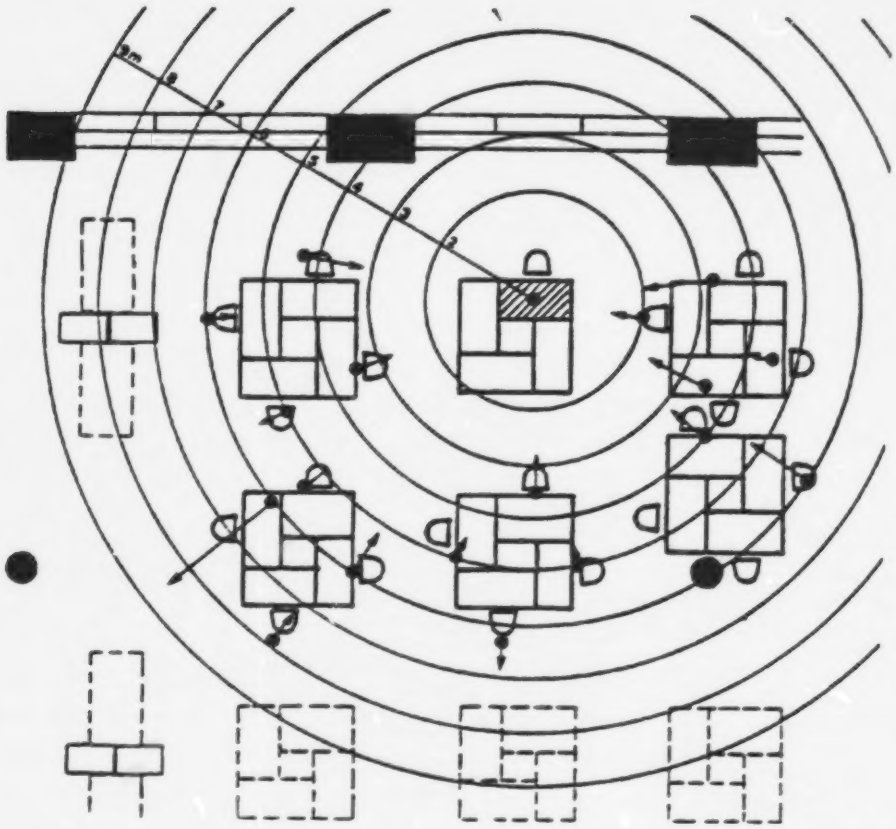


Figure 3.2.3 **Exemples de mesures de propagation du son dans un bureau type.** Les flèches indiquent la distance effective de la source.

Le tableau suivant fournit un exemple de la façon dont les résultats sont compilés afin de comparer les valeurs réelles d'atténuation aux valeurs calculées dans un champ acoustique libre.

Caractéristiques de propagation du son à 1000 Hz Comparaison à l'atténuation de 6 dB par doublement de la distance

Endroit de l'essai: 1334

Référence: 0.5 mètre de la source sonore
Signal de 1000 Hz = 88.3 dB(lin)

Emplacement du micro	Distance de la source (mètres)	Atténuation calculée en champ libre (dB)	Atténuation réelle (dB)	Différence* attén. actuelle moins attén. champ libre (dB)	Distance effective de la source (mètres)
1311	4.0	18.0	18.5	+0.5	4.25
1310	6.5	22.3	18.9	-3.4	4.5
1313	6.0	21.5	20.8	-0.7	5.5
1312	4.5	19.0	16.2	-2.8	3.25
1331	2.5	14.0	11.8	-2.2	1.75
1333	4.0	18.0	16.9	-1.1	3.5
1332	4.5	19.0	15.7	-3.3	3.0
1330	4.5	19.0	14.8	-4.2	2.75
1329	6.0	21.5	22.1	+0.6	6.5
1328	7.0	22.8	21.6	-1.2	6.0
1327	8.0	24.0	25.4	+1.4	9.5
1314	6.5	22.3	24.4	+2.1	8.5
1315	8.0	24.0	24.3	+0.3	8.25
1326	9.0	25.0	27.6	+2.6	12.0
1324	12.0	27.6	27.3	-0.3	11.75
1323	12.5	28.0	31.6	+3.6	19.25
1325	12.5	28.0	31.5	+3.5	19.0
1321	15.5	29.75	32.8	+3.05	22.25
1309	11.5	27.25	27.7	+0.45	12.0
1318	13.0	28.25	29.7	+1.45	15.5
1305	12.0	28.1	30.2	+2.6	16.25

* + atténuation meilleure que la valeur de 6 dB en champ acoustique libre calculée par doublement de distance de la source

\- valeur inférieure à l'atténuation de 6 dB en champ acoustique libre calculée par doublement de distance de la source

Tableau 3.2.8 Tableau de mesures de propagation du son.

Le tableau suivant fournit un exemple de la façon dont les valeurs d'indice d'articulation peuvent être appliqués à l'exemple illustré précédemment:

	Indices d'articulation			
Auditeur	Distance de la source	I.A.	Caractère privé des conversations	Condition d'audibilité
1311	4.0	.29	Mauvaise	Mauvaise
1310	6.5	.17	Mauvaise	Mauvaise
1313	6.0	.23	Mauvaise	Mauvaise
1312	4.5	.36	Très mauvaise	Moyenne
1331	2.5	.57	Nulle	Bonne
1333	4.0	.32	Mauvaise	Mauvaise
1332	4.5	.41	Très mauvaise	Moyenne
1330	4.5	.32	Mauvaise	Mauvaise
1329	6.0	.16	Mauvaise	Mauvaise
1328	7.0	.2	Mauvaise	Mauvaise
1327	8.0	.09	Acceptable	Très mauvaise
1314	6.5	.06	Acceptable	Très mauvaise
1315	8.0	.05	Excellente	Nulle
1326	9.0	.01	Excellente	Nulle
1324	12.0	.01	Excellente	Nulle
1323	12.5	.0	Excellente	Nulle
1325	12.5	.0	Excellente	Nulle
1321	15.5	.0	Excellente	Nulle
1309	11.5	.01	Excellente	Nulle
1318	13.0	.01	Excellente	Nulle
1305	12.0	.0	Excellente	Nulle

Tableau 3.2.9 Application des indices d'articulation pour évaluer le caractère privé des conversations et les conditions d'audibilité.

Remarque: Pour calculer les valeurs de l'indice d'articulation, un niveau de son ambiant type de NC 40 a été utilisé.

Les valeurs enregistrées sont également portées sur un graphique afin de déterminer la plage des valeurs présentes d'atténuation.

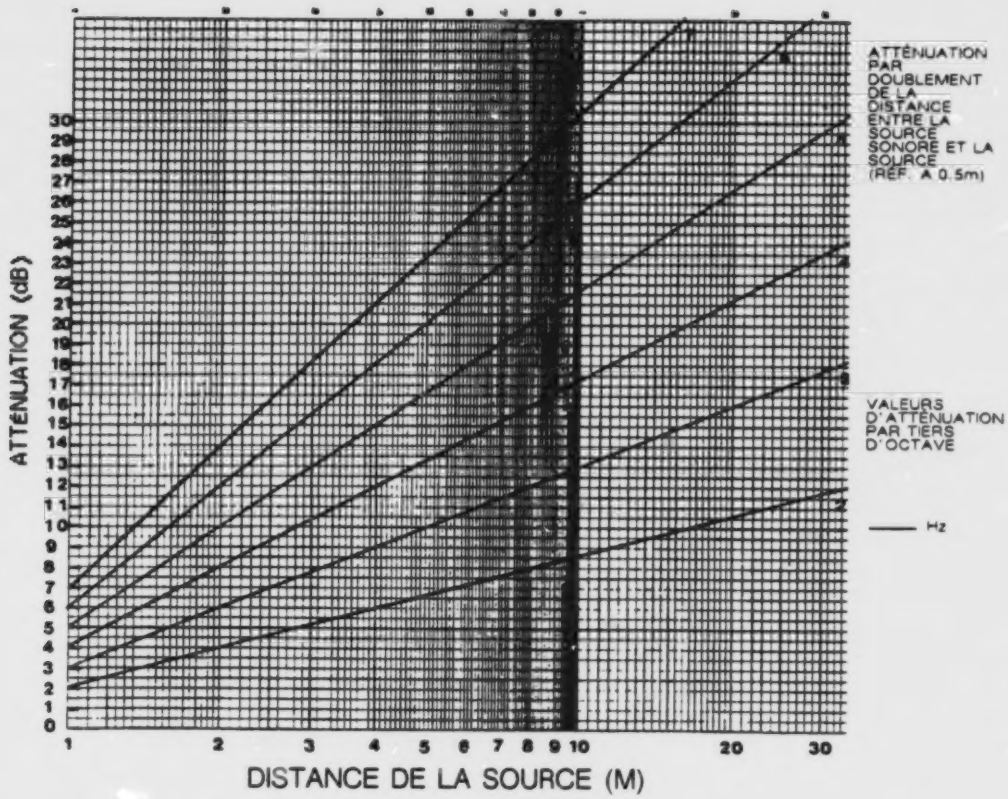


Figure 3.2.4 **Tracé des bandes d'atténuation d'après une mesure de référence prise à 0.5 mètre de la source.**

3.2.2.5 Moment de l'évaluation et ressources à prévoir

Les intervalles de temps suivants peuvent servir de guide pour l'évaluation des caractéristiques de propagation du son.

a)	Vérifier, emballer et expédier l'équipement sur place	4 heures
b)	Installer l'équipement à chaque emplacement d'essai	1 heure
c)	Recueillir les données à chaque emplacement d'essai	2 heures
d)	Remballer et réexpédier l'équipement	4 heures
e)	Analyse des données et documentation pour chaque emplacement d'essai	4 heures

Les totaux ci-dessus ne comprennent pas les temps de déplacement aller et retour. On ne peut faire les estimations définitives du temps nécessaire pour un projet qu'une fois l'étendue des travaux bien définie. Il faut noter que ces temps ne portent que sur l'examen des caractéristiques de propagation du son. L'analyse de d'autres phénomènes acoustiques en conjonction avec l'analyse de la propagation du son de l'étape II pourrait, en fin de compte, réduire le temps global nécessaire.

3.2.2.6 Documentation: établissement et classement des documents de travail

Toutes les valeurs prises in situ sont consignées dans un registre. Les résultats de cette évaluation sont fournis au client sous forme de rapport de projet.

3.2.3 **Étape III – Monitorage détaillé et spécialisé**

Cette section est sans objet.

3.3 TEMPS DE RÉVERBÉRATION

Les mesures du temps de réverbération servent à déterminer le degré d'absorption acoustique des matériaux présents à l'intérieur et autour d'un poste de travail ou d'un bureau avec cloisons. Les résultats de ces mesures sont comparés aux résultats des mesures de propagation du son. Les mesures du temps de réverbération permettent d'évaluer l'absorption acoustique globale alors que les essais de propagation du son analysent la répartition des matériaux insonorisants dans un espace donné. Lorsqu'il y a un problème concernant le temps de réverbération, les plaintes portent généralement sur l'inintelligibilité des sons prononcés, particulièrement à cause de l'escamotage des syllabes. D'autres personnes se plaignent d'échos ou ont l'impression que le niveau de son ambiant s'est légèrement élevé.

Effets sur le temps de réverbération des autres aspects qualitatifs

Le bâtiment, mis à part l'ameublement des occupants, assure un certain degré d'absorption acoustique. L'ameublement et les revêtements renforcent généralement l'absorption de façon appréciable. L'accroissement de l'absorption acoustique cause une réduction du temps de réverbération et peut produire une réduction des niveaux sonores ambiants. Pour les bureaux avec ou sans cloisons, le temps de réverbération doit être le plus court possible.

Il arrive souvent que les revêtements et l'ameublement du client suffisent à réduire le temps de réverbération excessif du bâtiment à un niveau acceptable.

3.3.1 **Étape 1 – Évaluation préliminaire (Introduction)**

C'est lors d'une inspection qu'on peut recueillir le plus de renseignements pour l'évaluation préliminaire de la réverbération dans un espace donné.

3.3.1.1 Description des techniques

Une inspection ne permet pas de recueillir des données quantitatives sur les caractéristiques de réverbération d'un local; toutefois, elle permettra au technicien bien entraîné de localiser les endroits où la réverbération est excessive. Des techniques d'écoute et d'analyse de la quantité et de l'emplacement des matériaux absorbants dans un local peuvent être utilisées pour évaluer la réverbération.

3.3.1.2 Équipement

Cette section est sans objet.

3.3.1.3 Démarche détaillée

Au cours de l'inspection, il faut observer la quantité de matériau absorbant présent dans le local (murs, plafonds et planchers) par rapport aux surfaces réfléchissant le son. De plus, il faut noter la densité d'occupation de la zone étant donné que les densités supérieures (ce qui implique davantage d'ameublement) tendent à réduire le temps de réverbération.

Un observateur bien entraîné peut déterminer si le temps de réverbération est adéquat ou excessif en claquant des mains et en écoutant soigneusement pour voir si le son met trop longtemps à s'éteindre. Même s'il s'agit là d'une technique simple, il est très difficile d'évaluer les problèmes de réverbération s'ils ne sont pas très nettement perceptibles à l'aide de cette technique.

3.3.1.4 Évaluation

L'évaluation nécessite l'analyse de la quantité de matériaux absorbant le son dans le local ainsi que l'impression de persistance du son. Toute difficulté concernant l'audibilité des paroles doit aussi être notée.

3.3.1.5 Moment de l'évaluation et ressources à prévoir

Pour un bâtiment d'environ 10 000 m², il faut un jour complet pour effectuer l'inspection. Ce chiffre n'est qu'approximatif et ne doit servir qu'à titre indicatif. Une analyse plus approfondie des dimensions et de la complexité du bâtiment est nécessaire pour estimer de façon plus précise le temps nécessaire.

3.3.1.6 Documentation: établissement et classement des documents de travail

Les résultats sont présentés sous forme de mémoire de projet. Des recommandations peuvent être faites concernant certains problèmes spécifiques ou le rapport peut contenir une mention à l'effet que d'autres essais devraient être effectués.

3.3.2 Étape II – Techniques simples de mesure

Les techniques simples de mesure constituent la deuxième étape de l'enquête. Le terme "simples" qualifie l'utilisation et l'application des instruments et du bloc d'évaluation et non le niveau de complexité de l'appareillage en tant que tel.

3.3.2.1 Description des techniques

Le temps de réverbération est une mesure de la "persistance du son" une fois que la source sonore a cessé d'émettre. On le définit comme étant le temps requis pour diminuer le niveau sonore de 60 dB. Le temps de réverbération peut être déterminé en produisant un son dont le niveau sonore est supérieur de 60 dB au son ambiant et en mesurant le temps nécessaire à l'atténuation du son jusqu'au niveau ambiant; cette technique n'est pas toujours pratique. On utilise donc un son de niveau de pression acoustique de 30 à 40 dB supérieur au son ambiant et un rapporteur étalonné pour extrapoler la courbe d'extinction du son à l'aide du temps de réverbération en secondes. Dans la mesure des basses fréquences, on peut avoir de la difficulté à obtenir une extinction relativement droite ce qui cause des problèmes pour l'extrapolation à l'aide de cette technique.

3.3.2.2 Équipement

Il existe plusieurs appareils pour mesurer le temps de réverbération dans un local. L'appareillage Bruel and Kjaer utilisé par la Division du rendement des immeubles consiste en un sonomètre avec filtre approprié utilisé conjointement avec un enregistreur de niveaux à diagrammes. Ces instruments sont les suivants:

Sonomètre de type 2209;
Filtre de tiers d'octave type 1616;
Enregistreur de niveau à diagrammes de type 2306.

Tableau 3.3.1 Appareillage utilisé par la Division du rendement des immeubles pour l'évaluation du temps de réverbération.

3.3.2.3 Démarche détaillée

Le sonomètre est étalonné conformément aux instructions du fabricant.

Le microphone est positionné à 1.1 ou à 1.6 mètres du plancher pour correspondre à la hauteur des oreilles d'une personne assise ou debout. Ce microphone doit se trouver à au moins 1.5 mètres de la source sonore.

La source sonore est placée dans un coin de la pièce (à environ 0.5 mètre des murs) afin de produire un champ sonore diffus.

Un son de référence produit par une source sonore est mesuré à l'aide du sonomètre et tracé sur l'enregistreur de niveaux.

La source sonore est arrêtée. La courbe d'extinction du signal de référence est tracée.

Les courbes d'extinction sont extrapolées en temps de réverbération.

L'essai est répété pour les bandes de fréquences présentant un intérêt. En général, pour les bureaux avec ou sans cloisons, les temps de réverbération peuvent être évalués dans la plage de 125 à 8000 Hz.

La figure ci–dessous illustre des courbes typiques d'extinction.

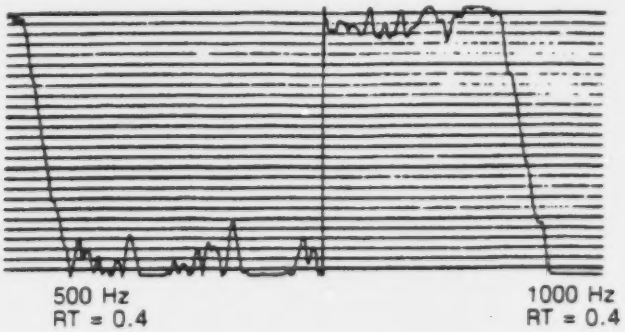


Figure 3.3.1 Courbes d'extinction des temps de réverbération.

3.3.2.4 Évaluation

La courbe d'extinction est extrapolée en temps à l'aide d'un rapporteur étalonné. Un temps de réverbération de 0.6 seconde ou moins est généralement admis pour les bureaux avec ou sans cloisons.

3.3.2.5 Moment de l'évaluation et ressources à prévoir

Il faut généralement une heure par chaque emplacement d'essai.

3.3.2.6 Documentation: établissement et classement des documents de travail

Les résultats sont présentés sous forme de carnet de notes de projet. Des recommandations concernant des problèmes particuliers peuvent être incorporées à ce rapport.

3.3.3 **Étape III – Monitorage détaillé et spécialisé**

Cette section est sans objet.

3.4 PERTE DE TRANSMISSION À TRAVERS LES CLOISONS

La principale fonction d'une cloison dans les bureaux fermés ou salles de réunion est d'assurer l'intimité soit visuelle soit auditive. Malheureusement, on présume souvent que la cloison assurera automatiquement un haut niveau d'intimité acoustique. À moins qu'elle soit conçue et construite avec soin, son rendement acoustique peut être de beaucoup inférieur au critère de rendement.

Dans le présent document, le mot "cloison" désigne un mur incorporé à la construction par opposition à un écran de séparation mobile et auto-stable.

Des mesures de la réduction de bruit (Noise Réduction–NR) et de la réduction de bruit normalisé (Normalized Noise Réduction–NNR) peuvent être prises in situ afin de déterminer l'atténuation du son assurée par les cloisons permanentes. Ces mesures permettent de déterminer l'atténuation acoustique à un endroit situé à l'intérieur d'un bureau à d'autres endroits situés à l'extérieur de ce bureau. Elles permettent également d'évaluer non seulement le rendement de la cloison, mais aussi le rendement de tout l'ensemble, y compris les surfaces contiguës.

Lorsqu'une cloison doit offrir un haut degré d'intimité, plusieurs facteurs doivent être évalués:

a) La cloison doit être construite d'une dalle de plancher à l'autre.
b) Des éléments de la cloison doivent être choisis afin d'assurer le degré d'atténuation désiré.
c) Les installations mécaniques doivent assurer un chauffage ou un refroidissement adéquat ainsi qu'une bonne circulation d'air, sinon les occupants devront peut-être laisser la porte ouverte au cours des réunions.
d) Il se peut qu'il soit nécessaire de changer le trajet des canalisations, conduits et câbles du plénum pour réduire au minimum les ouvertures à travers la cloison.

e)	Les conduits de retour d'air doivent être conçus de façon à assurer une atténuation acoustique adéquate.
f)	Il peut être nécessaire de couper le tapis de façon que la cloison repose directement sur la dalle de béton afin de permettre une bonne insonorisation à cette interface.
g)	L'interface entre les portes et les cadres doit assurer une bonne atténuation acoustique.
h)	Le dégagement vertical entre deux battants de porte doit être traité de façon à empêcher la transmission du son.
i)	Les vitrages montés en feuillure sèche offrent des passages de transmission du son et doivent être insonorisés. Ces vitrages sont également des sources possibles de bruit.
j)	Les stores vénitiens métalliques sur les panneaux latéraux peuvent battre et déranger les occupants.

Tableau 3.4.1 Facteurs à considérer dans la conception et la construction des cloisons.

Lorsqu'un rendement acoustique moins rigide suffit, la cloison peut être construite seulement jusqu'à la sous-face du faux-plafond. Ce type de cloison n'assure généralement pas le caractère privé des conversations. Il n'est pas nécessaire d'ériger une cloison de haute qualité jusqu'à la sous-face du plafond lorsqu'un rendement acoustique similaire peut être obtenu au moyen d'une cloison de qualité inférieure.

Le tableau suivant illustre l'effet nuisible des ouvertures pour le rendement d'une cloison. Par exemple, une cloison bien conçue et construite exempte d'ouvertures offre l'atténuation pour laquelle elle a été conçue. Supposons que la cloison a été conçue pour une atténuation de 40 dB. Le tableau illustre qu'une ouverture ne couvrant que 0.1 % de la surface du mur réduirait l'atténuation de 40 à 30 dB. Une ouverture de 1.0 % réduirait l'atténuation à seulement 20 dB.

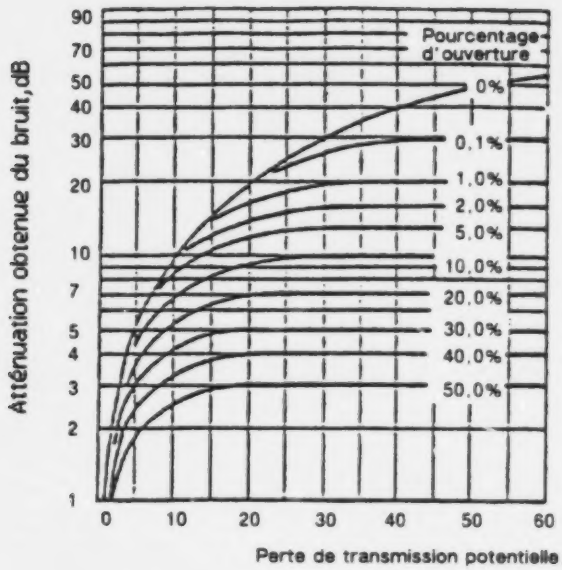
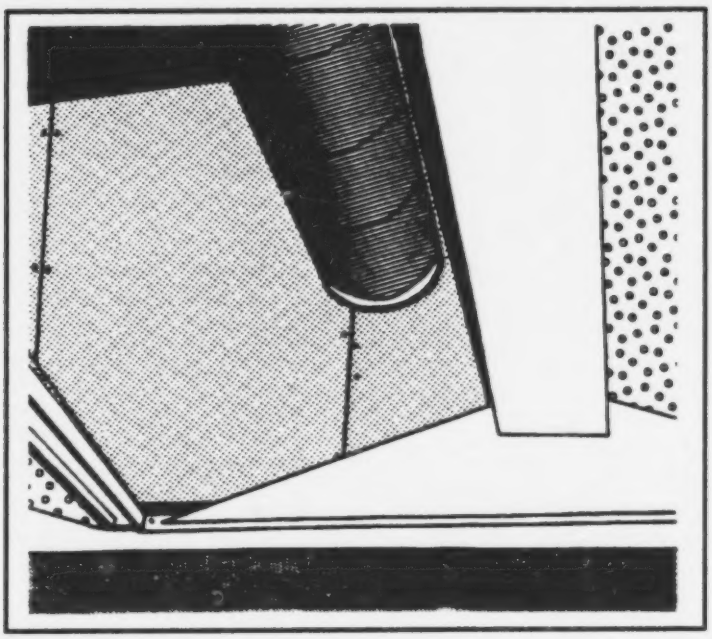


Figure 3.4.1 **Effets des fuites à travers une cloison.**
Référence: Bruel and Kjaer

Les photograhies ci-dessous illustrent des problèmes de construction courants:



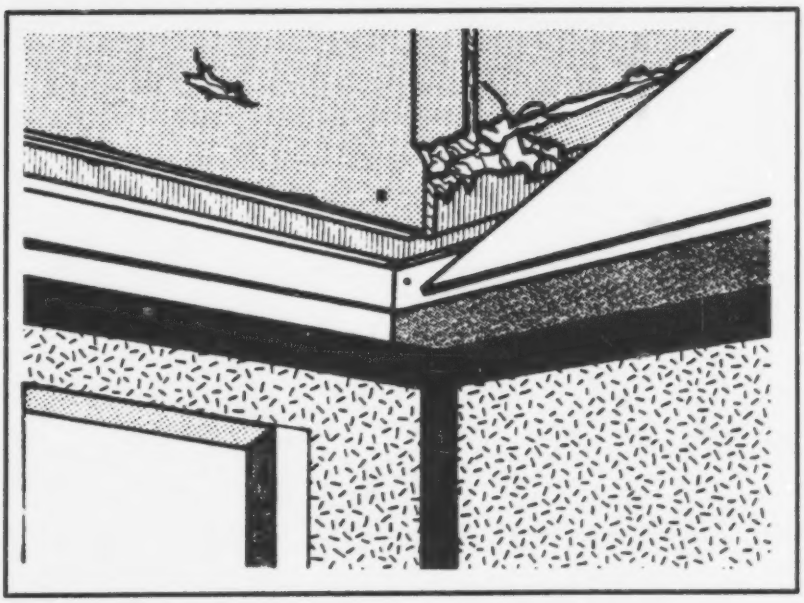


Figure 3.4.2 **Problèmes courants des cloisons.**

Traditionnellement, l'atténuation du son à travers une cloison était exprimée sous forme d'un indice de transmission du son (ITS ou CAS = classe d'affaiblessement sonore). Ce système a d'abord été conçu par l'American Society of Testing and Materials (ASTM) afin de pouvoir exprimer l'insonorisation en un seul chiffre. Les ITS sont déterminés dans un laboratoire où l'échantillon d'essai est analysé en dehors de ces conditions d'environnement. Les mesures prises in situ doivent tenir compte de nombreux trajets de transmission du son autres que le trajet direct à travers la cloison comme le montre la figure 3.4.3 ci–dessous. Les essais effectués in situ permettent d'évaluer le rendement pour l'ensemble des cloisons et non le rendement de la cloison en tant que tel. L'ensemble des cloisons comprend tous les trajets par lesquels le son peut se transmettre de l'intérieur de la pièce émettrice à la pièce réceptrice.

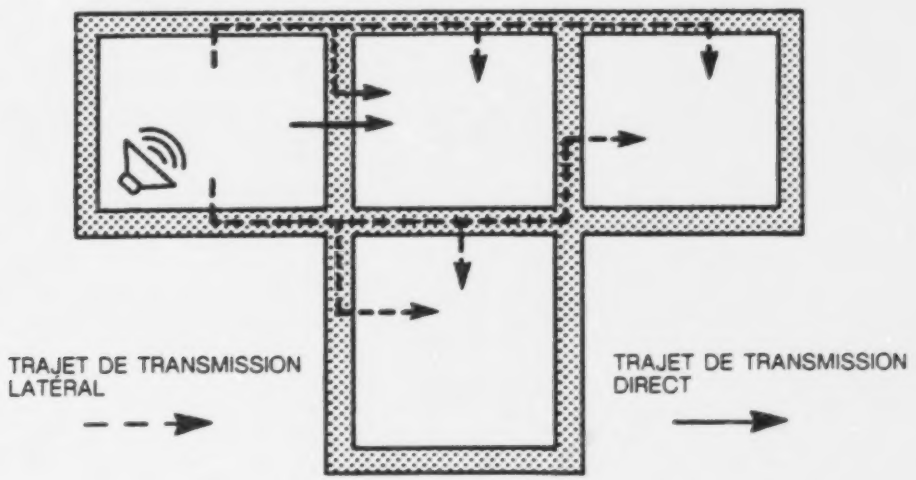


Figure 3.4.3 Trajets de transmission sonore entre des pièces.

En raison de l'existence de trajets latéraux, il est souvent impossible de mesurer l'indice de transmission du son (ITS) in situ . On peut toutefois évaluer la réduction du bruit (Noise Reduction–NR) entre les deux pièces.

La réduction du bruit s'obtient à l'aide de la formule suivante:

$$NR = L_1 - L_2$$

où: L_1 = le niveau de pression acoustique moyen dans la pièce émettrice;
L_2 = le niveau de pression acoustique moyen dans la pièce réceptrice.

Afin de tenir compte du temps de réverbération à l'intérieur de la pièce réceptrice, la valeur de la réduction du bruit peut être normalisée à un temps de réverbération de référence de 0.5 seconde.

$$NNR = L_1 - L_2 + 10 \log(T/0.5)$$

où: NNR = la réduction de bruit normalisée (Normalized Noise Reduction)
T = le temps de réverbération en secondes.

La perte de transmission in situ et l'indice de transmission du son (ITS) in situ peuvent être mesurés si les trajets latéraux sont peu importants. Malheureusement, ces trajets sont généralement prédominants dans le cas des cloisons construites dans un bureau.

Modifications au rendement des cloisons ayant une incidence sur d'autres aspects qualitatifs

Les modifications apportées à une cloison pour insonoriser une pièce peut avoir des effets négatifs dans d'autres domaines. Il arrive souvent qu'on construise une cloison d'une dalle de plancher à une autre sans prévoir de trajet pour le retour d'air. L'absence d'un tel trajet nuit considérablement au confort thermique et à la ventilation.

Pour éviter l'obturation du plénum de retour d'air, on a parfois laissé une ouverture dans la cloison au-dessus du faux-plafond. Cela règle bien sûr le problème de retour d'air, mais il est probable que la cloison ne pourra offrir l'atténuation acoustique désirée. La solution à ce problème doit tenir compte à la fois de l'atténuation du son et d'un trajet de retour d'air continu. L'insertion d'un coude avec chemisage constitue une solution pratique et courante à ce problème.

Les cloisons montant jusqu'à la sous-face d'un faux-plafond n'assurent généralement pas le caractère privé des conversations. On a tenté d'apporter un correctif à cette situation en ajoutant des matelas de fibre de verre au-dessus du faux-plafond. La présence de ces matelas apporte ces quatre principaux points de vue. Ils peuvent obturer des fentes de reprise d'air dans le plafond si l'espace au-dessus sert de plénum de reprise d'air. Des fibrilles de verre peuvent tomber du plénum dans l'aire de travail. L'isolant peut faire augmenter la température des luminaires à un niveau bien supérieur au niveau désiré. Les matelas seraient déplacés facilement lorsqu'il faudrait avoir accès au plénum.

3.4.1 Étape I - Évaluation préliminaire (Introduction)

La première étape ou premier niveau d'enquête comprend les trois activités suivantes qui peuvent être abordées ensemble ou individuellement: une analyse des plans et archives; une inspection du lieu de travail, de l'étage ou du bâtiment; et l'interrogation des occupants et du personnel de gestion de l'immeuble.

Cette étape peut souvent servir d'exercice préparatoire ou d'introduction afin de se familiariser au problème en question afin d'établir un plan de travail détaillé.

3.4.1.1 Description des techniques

Une analyse des plans et archives nécessite généralement les documents suivants:

a)	Les plans d'architecture;
b)	Le cahier de charges d'architecture;
c)	L'avant-projet.

Tableau 3.4.2 Documents nécessaires à l'évaluation du rendement d'une cloison pour l'étape I.

Les facteurs suivants doivent être examinés:

a)	La hauteur de la cloison;
b)	La construction et assemblage de la cloison;
c)	Le joint entre la cloison et les convecteurs;
d)	Le joint entre la cloison et la dalle;
e)	Le joint entre la cloison et le plafond;
f)	Le joint entre la cloison et les cadres de portes;
g)	Le choix des portes, cadres et joints d'insonorisation;
h)	Le rendement acoustique spécifié;
i)	Les problèmes possibles à l'interface des travaux effectués par d'autres corps de métier;
j)	La conformité des critères de rendement aux normes et codes en vigueur ainsi qu'aux règles de l'art et la convenance de ces critères à l'usage prévu du bâtiment;
k)	Le joint entre la cloison et les installations mécaniques.

Tableau 3.4.3 Facteurs relatifs au rendement des cloisons à considérer lors de l'analyse des plans et archives.

L'inspection

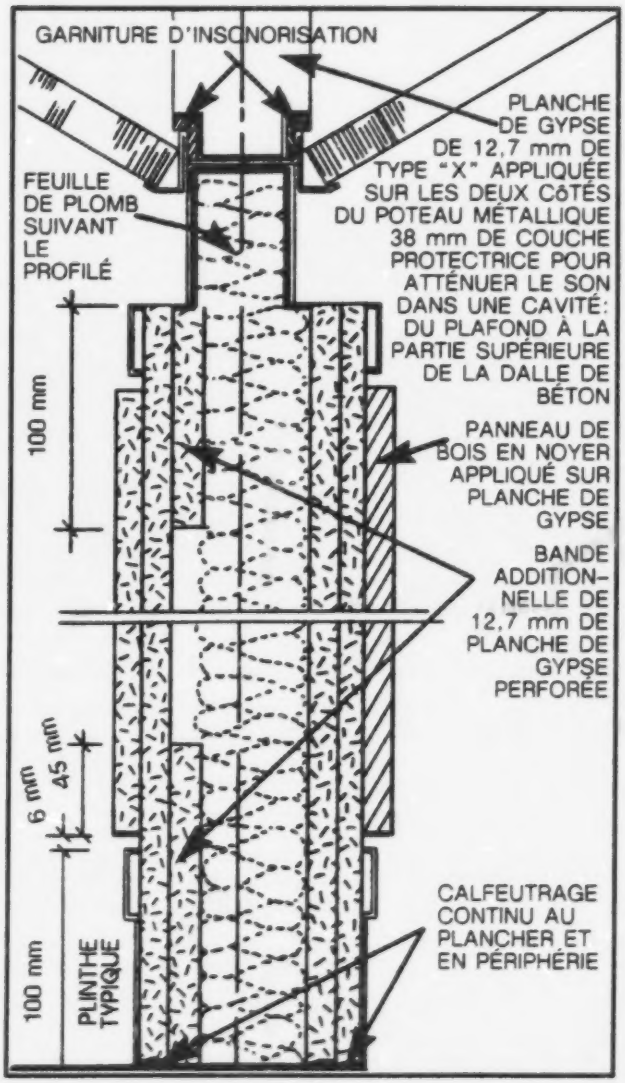
Au cours de l'inspection, plusieurs facteurs doivent être observés et notés. Des photographies de la zone et de tous détails particuliers nécessaires doivent être prises pour documentation. Les observations comprennent la comparaison des documents "tel que construit" aux conditions "existantes"; les types de locaux examinés; l'utilisation des locaux par les occupants; les zones où des problèmes existent ou peuvent surgir; ainsi que les conditions thermiques, visuelles et acoustiques qui rendent l'environnement inacceptable. Au cours de l'inspection, il faut faire un examen des différents types de cloisons. Les facteurs à considérer comprennent:

a)	La hauteur de la cloison;
b)	Les matériaux et l'assemblage de la cloison;
c)	Les ouvertures ou pénétrations à travers la cloison;
d)	Les dégagements entre la cloison et le plafond;
e)	Les dégagements entre la cloison et d'autres surfaces verticales;
f)	L'interface entre la cloison et les convecteurs;
g)	Le rendement acoustique exigé;
h)	L'interface entre la cloison et les conduits de soufflage et de retour d'air;
i)	Les canalisations, conduits et câbles de plénum existants;
j)	Le choix des portes et des éléments de cadres;
k)	Les revêtements;
l)	L'état des joints et garnitures d'insonorisation;
m)	Les éléments de la cloison ou du plafond qui font du bruit lorsqu'on ouvre ou ferme la porte.

Tableau 3.4.4 Facteurs relatifs au rendement des cloisons à considérer au cours de l'inspection.

Voici un exemple du type d'analyse qui pourrait être effectuée lors de l'évaluation de l'étape I des cloisons:

EXEMPLE D'UNE ANALYSE DES PLANS ET ARCHIVES À L'ÉTAPE 1.



CONSTRUCTION À MUR SEC D'UNE CLOISON DE TYPE STC 52

Figure 3.4.4 Détail d'une cloison analysée pour l'étape 1.

Analyse et commentaires:

La cloison est constituée de trois types de constructions distinctes. La première section va du plancher jusqu'au panneau inférieur qui atteint la sous-face du plafond. La deuxième section est le panneau inférieur. La troisième section est le prolongement de la cloison à partir du faux plafond jusqu'à la sous-face de la dalle de plancher au-dessus.

Alors que la partie de la cloison allant du plancher à la sous-face du panneau inférieur peut offrir un indice de transmission du son d'environ 52, les deux autres parties ne peuvent offrir un tel rendement.

La conception de la cloison ne permet pas de laisser le système du plafond à caissons inchangé. Pour offrir un indice de transmission du son de 52, la cloison doit être continue et non interrompue d'une dalle à l'autre. Pour ce faire, il faut modifier le plafond à caissons de façon qu'il se termine à la cloison verticale.

La conception est incomplète. Il n'y a pas assez d'information au sujet des matériaux et de la construction de la cloison du plénum. Cette section semble plus mince et donc son rendement acoustique serait inférieur à celle de la partie apparente de la cloison.

Il n'y a pas assez d'information concernant la façon dont les ouvertures de cette cloison doivent être traitées. Il faut bien que les conduits, tuyaux et câbles traversent la cloison quelque part. De plus, la méthode de construction doit aussi permettre de bien obstruer toutes les fissures et ouvertures dans la cloison.

La jonction du panneau inférieur avec le plafond et la cloison apparente est également d'importance. Le rendement acoustique réel de cette partie de l'assemblage semble être inférieur à l'indice de transmission du son exigé (ITS 52). L'obturation des joints de la feuille de plomb ainsi que du joint entre la feuille de plomb et la partie apparente de la cloison poserait certains problèmes. Les spécifications de la feuille de joint d'insonorisation, au-dessus du faux-plafond suspendu, n'indiquent pas le matériau de composition, son rendement acoustique ni la méthode de pose.

En résumé, le rendement acoustique d'une cloison est fonction de celui de son élément le plus faible. Les doutes concernant la partie se trouvant au-dessus du plafond ainsi que le panneau inférieur permettent de conclure que la cloison n'offre pas l'indice de transmission du son exigé (ITS 52).

3.4.1.2 Équipement

Cette section ne s'applique pas.

3.4.1.3 Démarche détaillée

Cette section ne s'applique pas.

3.4.1.4 Évaluation

L'inspection:

Au cours de l'inspection, on effectue une évaluation subjective et superficielle du rendement de la cloison. Cette évaluation se fait comme suit: une personne parle d'un

côté de la cloison pendant qu'une deuxième écoute et évalue l'amplitude des sons prononcés transmis à travers la cloison. Un examen visuel de la cloison, au-dessus et en-dessous du plafond, révèle beaucoup sur ses caractéristiques acoustiques.

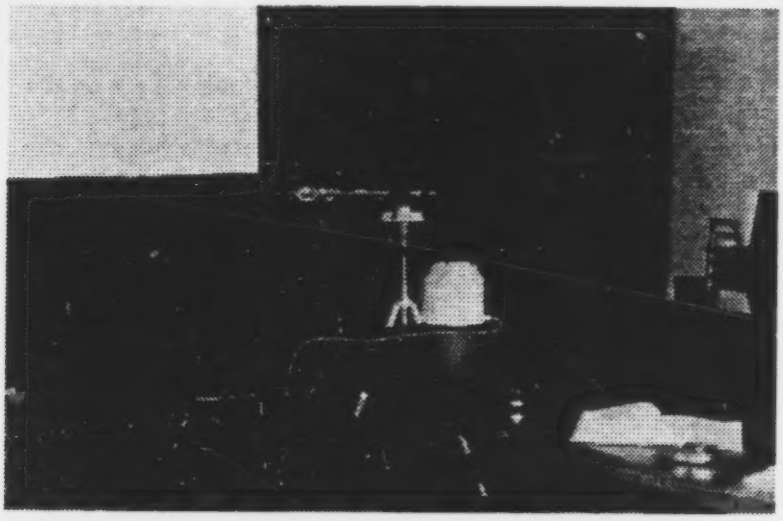
Lors de l'inspection d'un bâtiment évalué par la Division du rendement des immeubles, plusieurs commentaires ont été faits au sujet d'une porte pliante dans une salle de formation. Voici un extrait de l'analyse de l'étape I:

Porte pliante dans les salles de formation

Avant l'inspection, une analyse du cahier des charges a été effectuée. La section 10620 stipule ce qui suit:

a) "Les cloisons pliantes doivent avoir un indice de transmission du son d'au moins 49, vérifié par un essai conforme à la norme ASTM E90 sur une ouverture d'essai de 9 m².
b) Fournir des garnitures d'insonorisation en vinyl souple, continu et à plis multiples de fabrication standard.
c) Utiliser des lisières escamotables pouvant être installées au bas et au haut des cloisons.
d) Prévoir une lisière escamotable installée au bas des panneaux et servant à les maintenir en position fixe.
e) Astragales de fabrication standard servant à sceller les joints des montants et des panneaux."

Les photographies ci-dessous sont celles de la porte en question:



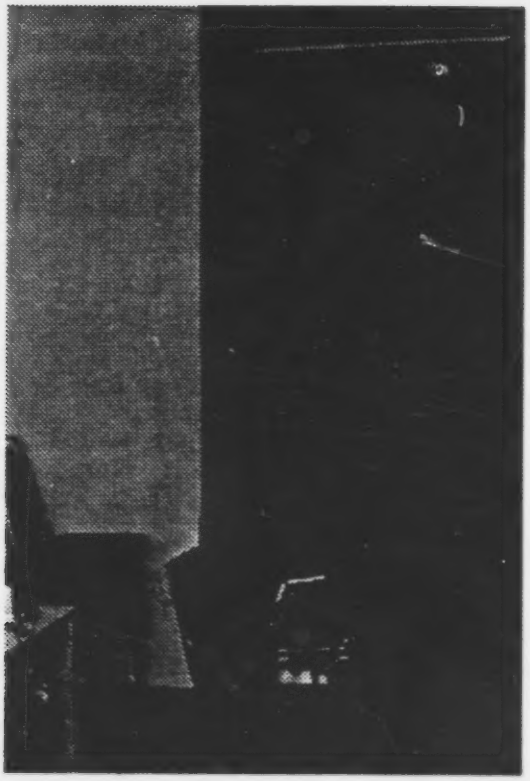


Figure 3.4.5 **Porte pliante dans une salle de formation.**

L'inspection visuelle de la porte pliante a révélé les défauts suivants qui peuvent être la cause d'une atténuation relativement faible:

a) L'espacement entre les panneaux variait entre 1 et 7 mm à 3 endroits lors de l'inspection;
b) Les panneaux d'extrémité ne se fermaient pas adéquatement dans les montants (jeu de 12 mm);
c) Il y avait un jeu d'environ 10 mm entre le plancher et le bas de la porte;
d) Il y avait un jeu d'environ 12 mm entre le sommet de la porte pliante et le dessus du rail;
e) Il n'y avait pas de séparation entre la dalle de béton et le plancher surélevé;
f) Le séparateur en plâtre du plénum avait été perforé pour passer des conduits et n'avait pas été obturé au droit de ces éléments;
g) Les joints du séparateur en plâtre du plénum n'avaient pas été obturés;
h) Il y avait une distance de 20 à 25 mm entre le rail du plafond et la porte pliante.

Conclusions:

Ces facteurs réduisaient considérablement le rendement de la porte pliante mais des mesures prises indiquent qu'on ne devrait pas entendre les conversations si le locuteur et l'auditeur étaient à au moins 2 m de part et d'autre de la cloison (distance globale de 4 m entre les deux personnes) et parler sur un ton normal.

3.4.1.5 Moment de l'évaluation et ressources à prévoir

Prévoir une heure pour chaque pièce ou ensemble examiné lors de l'inspection.

3.4.1.6 Documentation: établissement et classement des documents de travail

Le observations et évaluations initiales sont consignées dans un registre ou enregistrées à l'aide d'un magnétophone de poche. Ces observations sont généralement présentées sous forme de carnet de notes de projet.

3.4.2 Étape II – Techniques simples de mesure

La deuxième étape de l'enquête consiste en des techniques simples de mesure. Dans cette expression, le mot "simples" qualifie le mode de fonctionnement et l'application des instruments et du bloc d'évaluation plutôt que le niveau de complexité des instruments en tant que tels.

3.4.2.1 Description des techniques

Les mesures de réduction du bruit déterminent l'importance de l'atténuation acoustique assurée par une cloison permanente de bureau. Le niveau de pression acoustique produit par une source de bande large dans un bureau est mesuré à l'intérieur et à l'extérieur du bureau. L'écart en dB entre les deux quantités mesurées donne l'atténuation fournie par le système de cloisons du bureau. On détermine la valeur d'atténuation globale, en dB(A), ainsi que l'atténuation pour chaque bande d'un tiers d'octave.

La méthode d'essai permet de mesurer l'insonorisation entre deux pièces. Lors de l'évaluation, tous les trajets sont mesurés y compris les trajets directs à travers la cloison ainsi que les trajets indirects ou latéraux contournant la cloison.

Certains des problèmes reliés aux mesures in situ sont causés par

a) l'effet du niveau mesuré dans les pièces réceptrices et émettrices,
b) la quantité d'énergie transmise à la cloison d'essai,
c) les problèmes causés par les trajets latéraux,
d) la dimension de la pièce, en particulier en ce qui concerne les bruits à basse fréquence.

Il faut encore une fois noter qu'il peut y avoir un écart considérable entre la perte de transmission mesurée in situ et l'indice de transmission du son mesuré en laboratoire. Il est donc recommandé de n'utiliser l'ITS qu'à titre d'indicateur pour les mesures in situ.

3.4.2.2 Équipement

Les appareils Bruel and Kjaer suivants sont utilisés par la Division du rendement des immeubles pour évaluer le rendement des cloisons:

Source de son de type 4205
Haut-parleur de type HP1001
Analyseur de fréquences à affichage numérique de type 2131
Pistonphone de type 4220
Étalonneur de type 4230
Préamplificateur de type 2619
Microphone de type 4165
Magnétophone à cassettes à affichage numérique de type 7400
Câbles, trépied, raccords divers au besoin.

Tableau 3.4.5 Appareillage utilisé par la Division du rendement des immeubles lors de l'évaluation du rendement des cloisons.

Le montage de l'appareillage est illustré sur le schéma ci-dessous:

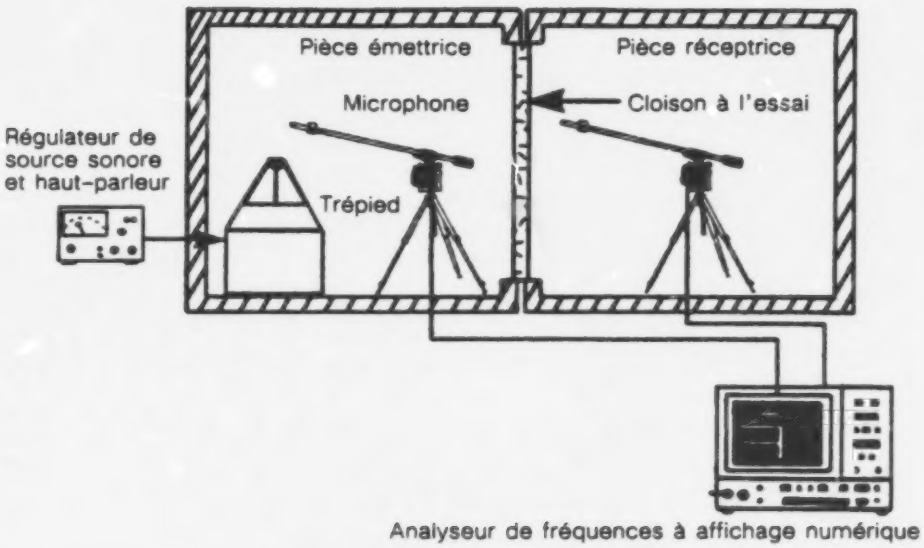


Figure 3.4.6 **Schéma général de la disposition du matériel pour l'évaluation du rendement d'une cloison.**

3.4.2.3 Démarche détaillée

a) Noter le type de cloison et toutes caractéristiques particulières relatives aux portes, les vitrages, la construction et la hauteur de la cloison;

b) L'analyseur de fréquences à affichage numérique est étalonné à l'aide d'un pistonphone et d'un étalonneur conformément aux instructions du fabricant. Ces appareils permettent d'étalonner l'analyseur aux bandes de tiers d'octave de 250, 315 et 1000 Hz.

c) L'appareilllage est utilisé conformément aux instructions du fabricant;

d) La source sonore est placée dans un coin de la pièce éloigné de l'élément mis à l'essai;

e) Le microphone est placé à 1.1 mètres du plancher, à au moins 1 mètre de la surface mise à l'essai et à au moins 1.5 mètres de la source sonore. Un autre microphone est installé en utilisant les mêmes critères dans la pièce réceptrice.

f) Un certain nombre de mesures est pris dans les pièces réceptrice et émettrice. Cela pose un problème lorsqu'on évalue la cloison à l'intérieur d'un petit bureau.

g) L'écart entre le niveau de pression acoustique ambiant et la valeur mesurée au cours de l'essai dans la pièce réceptrice doit être d'au moins 10 dB.

h)	La mesure est prise deux fois: une première fois lorsque toutes les portes du bureau sont ouvertes et une seconde lorsqu'elles sont fermées. La répétition de l'essai permet d'obtenir des données comparatives.

Tableau 3.4.6 Méthode d'évaluation du rendement des cloisons pour l'étape II.

3.4.2.4 Évaluation

La réduction de bruit d'une cloison se calcule de la façon précédemment décrite à la section 3.4. Lorsque le temps de réverbération dans la pièce réceptrice est connu, les valeurs peuvent être normalisées à 0.5 seconde.

3.4.2.5 Moment de l'évaluation et ressources à prévoir

Les temps suivants peuvent servir de guide lorsqu'on effectue l'évaluation de l'étape II:

a)	Vérifier, emballer et expédier le matériel sur place	4 heures
b)	Installer les instruments à chaque emplacement d'essai	1 heure
c)	Effectuer l'essai à chaque emplacement	1 heure
d)	Remballer le matériel pour le réexpédier	3 heures
e)	Analyse et documentation pour chaque emplacement	4 heures

Les temps de déplacement aller et retour ne sont pas inclus dans les totaux ci-dessus. Les estimations définitives de temps ne peuvent être faites qu'une fois bien décrite l'étendue des travaux pour un projet donné. Il faut noter que ces temps ne s'appliquent qu'au seul examen du rendement des cloisons. L'analyse de d'autres phénomènes acoustiques par la même occasion permettrait, en fin de compte, de réduire le temps global nécessaire.

3.4.2.6 Documentation: établissement et classement des documents de travail

Les résultats de cette phase sont présentés sous forme d'un rapport de projet. Des recommandations de modification, au besoin, sont incorporées au rapport.

3.4.3 **Étape III – Monitorage détaillé et spécialisé**

Cette section est sans objet.

3.5 PERTE D'AUDITION DUE AU BRUIT

Le principal objectif d'une évaluation acoustique est de s'assurer que les occupants d'un bâtiment ne sont pas exposés à des lésions temporaires ou permanentes de leur système auditif. Par bonheur, les niveaux de bruit à l'intérieur des immeubles à bureaux types sont considérablement inférieurs à ceux causant de tels problèmes. Quoi qu'il en soit, les zones telles que les locaux des installations métalliques peuvent produire des niveaux de bruit inquiétants. Les machines utilisées par les occupants tels que les déchiqueteuses de papier ou les imprimantes doivent aussi être examinées. Il existe deux types d'exposition. Les lésions peuvent être causées par l'effet cumulatif d'une

exposition continue à des niveaux sonores élevés aussi bien par une courte exposition à des crêtes de bruit.

L'exposition à un bruit excessif peut produire les symptômes suivants:

a)	Lésions au système auditif;
b)	Dilatation des pupilles;
c)	Accroissement de la production d'hormones par la glande thyroïde;
d)	Accélération du pouls;
e)	Accroissement de la production d'adrénaline et de corticostimuline;
f)	Contractions de l'estomac et de l'abdomen;
g)	Réactions musculaires;
h)	Constriction des vaisseaux sanguins.

Tableau 3.5.1 Effets de l'exposition à un bruit excessif.

Il s'agit d'un problème de santé et de sécurité et le niveau d'exposition maximal admissible au bruit est établi par des règlements fédéraux et provinciaux. Pour une exposition maximale de 8 heures il est de 90 dB(A), limite au-delà de laquelle il y a risque de perte d'audition. À titre de comparaison, les niveaux de bruit à l'intérieur d'un bureau type fluctuent généralement entre 50 et 70 dB(A). L'écart entre les niveaux de bruit dans un bureau et les niveaux pouvant causer des lésions est extrêmement important. Dans la plupart des bureaux, le problème n'est pas la santé et la sécurité, mais bien le confort acoustique.

Lorsque le niveau de bruit est excessif, la solution doit passer par la réduction du bruit, soit à la source, soit sur son trajet, ou par la réduction de l'effet du bruit sur l'auditeur. Quoi qu'il en soit, il est important que l'utilisation de dispositifs de protection personnelle ne soit pas considérée comme une solution définitive ou à long terme.

Les mesures correctrices peuvent prendre une ou plusieurs des formes suivantes:

a)	La source: il peut être possible de modifier l'appareil produisant le bruit afin de réduire à la fois la quantité de bruit produit et ses caractéristiques de rayonnement acoustique.
b)	Le trajet: des matériaux insonorisants ou des écrans peuvent être ajoutés pour aider à atténuer le bruit.
c)	L'auditeur: puisque les dispositifs de protection personnelle ne constituent pas une solution permanente, on peut réduire l'exposition d'un auditeur au bruit en diminuant le temps d'exposition.

Tableau 3.5.2 Atténuation des niveaux de bruit excessif.

Nous avons presque tous expérimenté une perte d'acuité auditive suite à une exposition relativement longue à un bruit. Une personne conduisant une motocyclette ou utilisant une tronçonneuse est exposée à un tel bruit. Cette diminution de la sensibilité auditive de la personne est temporaire et est causée par la fatigue des cellules ciliées de la membrane basilaire de l'oreille interne. L'exposition prolongée à de hauts niveaux de bruit peut causer un changement du seuil d'acuité auditive pouvant devenir permanent.

Le temps requis pour qu'un changement devienne permanent dépend des facteurs suivants:

a)	Le niveau ou l'amplitude du bruit;
b)	La durée d'exposition;
c)	Le type de bruit (continu, choc, etc.);
d)	La fréquence du bruit;
e)	La sensibilité de l'individu exposé.

Tableau 3.5.3 Facteurs régissant le changement du seuil auditif d'un individu.

Le procédé d'évaluation de l'acuité auditive d'une personne est appelé audiométrie. Dans les cas où les niveaux de bruit sont excessifs, tous les employés qui sont exposés à ces bruits devraient subir un examen audiométrique avant même d'être embauchés. En instaurant un programme régulier d'évaluation audiométrique, toute perte éventuelle d'audition peut être décelée.

L'équipement des bâtiments tel que les installations mécaniques peut produire des émissions acoustiques suffisantes pour présenter un danger pour la santé et la sécurité. Bien que le personnel ne soit pas normalement exposé à ces zones pendant de longues périodes, il faut prendre soin de surveiller les niveaux de pression acoustique à ces endroits et d'utiliser une protection personnelle si les niveaux sont excessifs.

L'équipement des occupants produit parfois des niveaux de pression acoustique supérieurs à 90 dB(A). Dans ces cas, des mesures correctives doivent être apportées soit à la source, soit sur le trajet de transmission, ou soit au point de réception.

Les critères pour limiter le risque de lésion de l'appareil auditif à un niveau acceptable sont basés sur la limitation de l'exposition maximale au bruit à un niveau de bruit constant équivalente à 90 dB(A). Des niveaux de bruit supérieurs à 90 dB(A) sont autorisés mais seulement si le temps d'exposition est réduit. Lorsqu'on augmente le niveau de pression de 5 dB(A), il faut réduire de moitié la durée pour obtenir la même exposition au bruit.

Le tableau suivant résume l'exposition maximale au bruit admise sur les lieux de travail:

Niveau de pression acoustique, en dB(A) Réf.: 2 x 10^{-5} pascal Réponse lente	Nombre maximal d'heures d'exposition par employé par jour
plus de 87 mais moins de 90	8
plus de 90 mais moins de 95	4
plus de 95 mais moins de 100	2
plus de 100 mais moins de 105	1
plus de 105 mais moins de 110	0.5
plus de 110 mais moins de 115	0.25
plus de 115	0

Tableau 3.5.4 Limites d'exposition à un bruit excessif tel que définies par le Code canadien du travail.

La limite de base de 90 dB(A) et la réduction de moitié pour chaque tranche de 5 dB(A) varient dans les règlements provinciaux.

3.5.1 Étape I – Évaluation préliminaire (Introduction)

3.5.1.1 Description des techniques

La première étape ou premier niveau de l'enquête comprend trois activités qui peuvent être incluses collectivement ou individuellement: une analyse des plans et archives; une inspection des lieux de travail, de l'étage ou du bâtiment, et l'interrogation des occupants et des gérants d'immeuble.

Cette étape peut souvent servir d'exercice préparatoire ou d'introduction afin de se familiariser au problème donné de manière à pouvoir décrire de façon détaillée l'étendue des travaux.

Lors de cette étape, les documents de construction pertinents sont analysés pour déterminer s'il y a des sources possibles de bruit excessif. L'analyse doit inclure les méthodes de construction générale, les matériaux et les niveaux de bruit autorisés.

Des documents suivants sont généralement nécessaires:

a)	Les plans et devis de mécanique;
b)	L'avant-projet;
c)	Le dossier des plaintes des occupants;
d)	La liste des appareils utilisés par les occupants.

Tableau 3.5.5 Documents nécessaires à l'évaluation de l'étape I relative à la perte d'audition due au bruit.

Le bruit excessif peut être produit par les installations (mécaniques ou électriques) du bâtiment ou par l'équipement utilisé par les occupants tel que les déchiqueteuses ou imprimantes.

3.5.1.2 Équipement

Au cours de l'inspection, un sonomètre portatif peut être utilisé pour recueillir des données sur le niveau sonore ambiant. Généralement, on mesure les valeurs globales en dB(A) pour les comparer aux règlements de santé et sécurité pertinents. L'utilisation d'un filtre d'octaves ou tiers d'octave devrait permettre également de recueillir des données sur la composition du son ambiant. L'utilisation d'un dosimètre à bruit peut également permettre de surveiller les niveaux de bruit excessif sur une plus longue période.

L'appareillage Bruel and Kjaer utilisé par la Division du rendement des immeubles aux Travaux publics du Canada est constitué des éléments suivants:

Sonomètre de type 2209;
Filtre de tiers d'octave de type 1616;
Sonomètre de type 2231;
Filtre d'octave et de tiers d'octave de type 1625;
Dosimètre de type 4434.

Tableau 3.5.6 Appareillage utilisé par la Division du rendement des immeubles pour l'évaluation à l'étape I des risques de perte d'audition due au bruit.

3.5.1.3 Démarche détaillée

Des mesures–échantillons des niveaux sonores ambiants peuvent être prises au cours de l'inspection. Le sonomètre doit être utilisé conformément aux instructions du fabricant. Il est important de réduire au minimum les erreurs dues à la manipulation en évitant de placer le microphone trop près d'une source de bruit. Les mesures doivent être prises aux endroits où se trouvent normalement les occupants. Bien que les valeurs globales en dB(A) donnent une indication de la présence des niveaux de bruit excessif, ces mesures ne permettent pas d'évaluer le niveau réel de bruit auquel une personne est exposée pendant une journée complète de travail.

Considérons une machine qui produit un niveau de pression acoustique de 90 dB(A), mesuré au poste de travail de l'opérateur. Si l'émission acoustique était constante et que l'opérateur était stationnaire à cet endroit pendant 8 heures consécutives, le niveau d'exposition au bruit serait de 90 dB(A). Toutefois, puisqu'une personne est rarement stationnaire pendant des périodes aussi prolongées, il est fort probable que cette personne ira à d'autres endroits dans le bâtiment, où il peut être exposé à un bruit supérieur ou inférieur. C'est l'exposition totale au bruit au cours de la journée de travail qu'il faut évaluer.

Un dosimètre à bruit est utile à cette fin. Le dosimètre est un petit appareil léger conçu pour être porté dans la poche de chemise de l'employé. Il permet d'évaluer l'exposition totale de l'employé tout au cours de sa journée de travail. Il faut s'assurer que les tâches effectuées au cours de la journée de surveillance sont représentatives des niveaux de bruit auquels il est exposé normalement.

3.5.1.4 Évaluation

La valeur globale en dB(A) ou la valeur mesurée par le dosimètre est comparée aux limites admises par les règlements de santé et sécurité. La valeur globale en dB(A) indique si les niveaux de bruit sont dangereux, mais le dosimètre est nécessaire pour faire une évaluation de l'exposition totale au bruit au cours de la journée de travail.

3.5.1.5 Moment de l'évaluation et ressources à prévoir

Une ou deux journée(s)–personne sont généralement suffisantes pour effectuer les évaluations de l'étape I si le nombre d'aires où les bruits pouvant être excessifs est limité. Lorsque le risque de bruit excessif se retrouve partout, comme dans le cas d'une grande usine, il faut prévoir plus de temps.

3.5.1.6 Documentation: établissement et classement des documents de travail

Toutes les mesures sont consignées dans un registre. Les résultats des mesures sont généralement présentés sous forme de rapport de projet.

3.5.2 **Étape II – Techniques simples de mesure**

Cette section est sans objet.

3.5.3 **Étape III – Monitorage détaillé et spécialisé**

Cette section est sans objet.

4. RÉFÉRENCES

American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers (ASHRAE). **1976 Systems Handbook**. Atlanta: ASHRAE, 1976.

American Society for Testing and Materials (ASTM). **ASTM C634 Standard Definitions of Terms Relating to Environmental Acoustics**. Philadelphia: ASTM, 1979.

Beranek, L.L., **Noise and Vibration Control**. New York: McGraw-Hill, 1971.

Bruel and Kjaer, **Noise and Vibration Pocket Handbook**. Copenhague: Bruel and Kjaer, (sans date).

Code canadien du travail, **Règlement du Canada sur l'hygiène et la sécurité au travail (partie VII, Niveaux acoustiques)**, Ottawa: Imprimeur de la Reine pour le Canada, 1986.

Ginn, K.B., **Application of B&K Equipment to Architectural Acoustics**. Naerum: Bruel and Kjaer, 1978.

Hassal, J.R., Zaveri, k., **Acoustics Noise Measurements**. Naerum: Bruel and Kjaer, 1978.

Hawley, R.L., **Acoustics and the Open Office; (Office Ergonomics Review)**, Toronto: Descom Publications, July/August 1985.

Hegvold, L.W., **Insonorisation des bureaux sans cloison. CBD 139F**. Ottawa: Conseil national de recherches, 1971.

Organisation internationale de normalisation, **Acoustique, vibrations et chocs**. Suisse: Organisation internationale de normalisation, 1980.

Lawrence, Anita, **Architectural Acoustics**, Applied Sciences Publishers.

Lees, R., Dunn, G., **Hearing Conservation and Audiometry**. Kingston: International Academic Services, Ltd., (sans date).

Northwood, T.D., **L'acoustique des salles publiques. CBD 92F**. Ottawa: Conseil national de recherches, 1967.

Northwood, T.D., **Le son et les hommes. CBD 41F**. Ottawa: Conseil national de recherches, 1963.

Northwood, T.D., **Transmission du bruit dans les bâtiments. CBD 10F**. Ottawa: Conseil national de recherches, 1962.

Parkin, P.H., Humphries, H.R., **Acoustics, Noise and Buildings**. London: Faber and Faber, 1970.

Rettinger, Michael, **Acoustics Design and Noise Control**. New York: Chemical Printing Company, Inc., 1973.

Smith, T.J.B., **Noise Control in Open-Plan Offices: Noise and Vibration Reduction**, April, 1975.

Sound and Vibration, June 1980, pp 14-16.

Warnock, A.C.C., **Les effets acoustiques des écrans de bureaux sans cloisons. CBD 164F**, Ottawa: Conseil national de recherches, 1974.

Warnock, A.C.C., McCool, C.A., **Design of Open Office Acoustical Environment**, Ottawa: Travaux publics Canada, juillet 1975.

5. ANNEXES

5.1 TERMES ET UNITÉS STANDARDS DE MESURE

Principales références: ASTM C634 Standard Definitions of Terms Relating to Environmental Acoustics, USA Standard Acoustical Terminology.

absorption (absorption) – conversion d'énergie sonore en une autre forme d'énergie, généralement la chaleur, en traversant un milieu acoustique.

absorption acoustique (sound absorption) – (1) Processus de dissipation de l'énergie acoustique. (2) Propriété qu'ont les matériaux, objets et structures tels que les pièces d'absorber l'énergie acoustique. (3) A; sabin métrique – pour une bande de fréquences donnée, la mesure de la propriété d'absorption d'un matériau, d'un objet ou d'une structure telle qu'une pièce.

affaiblissement du son (sound attenuation) – la réduction d'intensité du son à mesure qu'il se déplace de la source jusqu'au point de réception. L'absorption acoustique est souvent utilisée à cette fin, par exemple, dans le cas d'un conduit chemisé. La dispersion et la diffusion sphérique sont d'autres mécanismes d'atténuation.

assourdir et amortir (damp) – produire une diminution ou dissipation de l'énergie oscillante ou vibratoire d'une installation électrique ou mécanique.

bruit de fond (background noise) – bruit de toutes les sources autres que celle considérée. Le bruit de fond peut inclure des sons aériens, des bruits de structure et des bruits de machines.

bruit de structure (structure borne sound) – bruit provenant au point considéré, tel que le bord d'une cloison, par propagation dans une structure solide.

bruit ambiant (ambiant noise) – l'ensemble des sons aériens provenant de nombreuses sources proches ou éloignées et associées à un environnement donné. Aucun son n'est isolé pour être analysé particulièrement.

bruit blanc (white noise) – bruit dont le spectre de fréquences est continu et dont la puissance est uniforme à chaque unité de largeur de bande. Par exemple, puissance uniforme pour chaque largeur de bande de 100 Hz.

bruit rose (pink noise) – bruit dont le spectre de fréquences est continu et dont la puissance est uniforme pour chaque pourcentage constant de largeur de bandes; par exemple, bruit ayant une puissance égale pour toute bande de tiers d'octave ex.: Diminution de 6 dB/octave.

champ acoustique diffus (diffuse sound field) – endroit où l'intensité du son est la même dans toutes les directions et en tout point.

champ acoustique libre (free field) – environnement où il n'y a pas de surfaces réfléchissantes dans la plage de fréquences considérée.

champ acoustique réverbérant (reverberant sound field) – le son dans une enceinte fermée ou partiellement fermée qui a été réfléchi de façon répétée ou continue par les surfaces formant la pièce.

coefficient d'absorption (absorption coefficient) – rapport de rendement pour l'absorption acoustique, à une fréquence donnée, d'une surface unitaire d'un milieu absorbant les sons à une surface unitaire d'un matériau parfaitement absorbant.

coefficient d'absorption acoustique (sound absorption coefficient) – (alpha – sans dimension); sabin métrique/m^2 – en parlant d'une surface, pour une bande de fréquences donnée, la mesure de la propriété d'absorption d'un matériau mesurée approximativement à l'aide de la méthode C423 (ASTM), Test for Sound Absorption and Sound Absorption Coefficients by the Reverberation Room Method. Idéalement, il représente la fraction de la puissance acoustique incidente provenant de toutes directions qui est absorbée ou autrement non réfléchie.

coefficient d'absorption acoustique normale des sons incidents (normal incidence sound absorption coefficient) – (sans dimension) – en parlant d'une surface, pour une fréquence donnée, la fraction de la puissance acoustique incidente perpendiculaire absorbée ou autrement non réfléchie.

coefficient d'isolement acoustique (noise reduction coefficient – NRC) – coefficient à un seul chiffre dérivé des valeurs de coefficients d'absorption acoustique mesurés conformément à l'article 11.7 de la méthode C423 (ASTM), Test for Sound Absorption and Sound Absorption Coefficients by the Reverberation Room Method. Il fournit une estimation des propriétés d'absorption acoustique d'un matériau acoustique.

coefficient de transmission acoustique (sound transmission coefficient) – (sans dimension) – en parlant d'une cloison, pour une bande donnée de fréquences, la fraction de la puissance du son aérien incident sur la cloison qui est transmise par la cloison et radiée de l'autre côté.

courbes des critères de bruit (noise criterion curves) – série de courbes qui indiquent les niveaux de pression acoustique des bruits de fond qui ne devraient pas être dépassés dans divers environnements humains.

couverture (masking) – procédé par lequel le seuil d'audibilité d'un son est élevé par la présence d'un autre son (de couverture).

décibel (decibel – dB) – terme désignant un rapport logarithmique établi par rapport à un niveau donné, par exemple, le niveau de pression acoustique (SPL) est mesuré en dB avec référence de 2×10^{-5} pascal.

densité d'énergie acoustique (sound energy density) – (D); quotient obtenu de l'énergie acoustique dans une zone divisée par le volume de cette zone. La densité d'énergie acoustique en un point est la limite de ce quotient lorsque le volume contenant ce point se rapprochant de zéro.

diffraction acoustique (diffraction) – changement de direction de la propagation de l'énergie sonore à proximité d'un obstacle tel que le bord d'une surface réfléchissante ou absorbante.

énergie acoustique (sound energy) – (E); énergie ajoutée à un milieu élastique par la présence du son, constituée d'énergie potentielle sous forme d'écarts par rapport à la pression statique et d'énergie cinétique sous la forme de vitesse des particules.

fréquence (frequency) – la fréquence d'une onde sinusoïdale est le nombre de fois qu'elle se répète en une seconde. En acoustique, l'unité de fréquence est le cycle par seconde, aussi appelé hertz (Hz).

indice d'articulation (IA) (articulation index – AI) – l'indice d'articulation est une mesure numérique de l'intelligibilité des sons prononcés. Il tient compte des contraintes du trajet de transmission et du bruit de fond. Il peut varier de 0.0 à 1.0 (du pire au meilleur pour l'intelligibilité et du meilleur au pire pour l'intimité).

indice de transmission du son (ITS) (sound transmission class – STC); valeur à un seul chiffre dérivée des mesures de perte de transmission prises conformément à la Classification E413 (ASTM), Determination of Sound Transmission Class. Il permet une estimation du rendement d'une cloison dans le cas de certains problèmes courants.

indice de transmission du son in situ – (ITS in situ) (field sound transmission class – FSTC) – chiffre unique dérivé des valeurs de perte de transmission in situ mesurées conformément à la Classification E413 (ASTM), Determination of Sound Transmission Class. Il permet d'évaluer l'insonorisation d'une cloison dans le cas de certains problèmes courants.

insonorisation (sound insulation) – la capacité d'une structure à empêcher le son d'atteindre un point de réception. L'énergie acoustique n'est pas nécessairement absorbée; la désadaptation d'impédance ou la réflection vers la source sont souvent les principaux mécanismes. L'insonorisation peut être plus ou moins bonne; aucune cloison ne peut offrir une insonorisation parfaite.

intensité acoustique (sound intensity) – (I); W/m^2 – quotient obtenu du flux moyen d'énergie dans une direction et un sens donnés sur la surface perpendiculaire à la direction traversée ou vers laquelle le son se dirige. L'intensité en un point est la limite de ce quotient lorsque la surface comprenant ce point est proche de zéro.

isolation antivibratoire (vibration isolation) – réduction de la capacité d'un système à vibrer en réponse à une excitation mécanique grâce à l'utilisation de raccords flexibles.

isolant thermique (thermal insulation) – un matériau ou ensemble de matériaux utilisés principalement pour offrir une résistance à la circulation de chaleur.

isolement acoustique (sound isolation) – niveau de limitation des communications acoustiques. Il existe, en général, deux moyens d'assurer un niveau d'insonorisation: l'isolation, qui empêche le son d'atteindre le point d'audition, et l'atténuation, qui réduit l'intensité du son sur son trajet vers le point de réception.

matériau acoustiques (acoustical materials) – tout matériau considéré sous ses aspects acoustiques, particulièrement un matériau conçu pour absorber les sons.

mode naturel d'une pièce (normal mode of a room) – l'une des façons possibles dont l'air d'une pièce, considéré comme un corps élastique, vibrera naturellement s'il est soumis à une perturbation acoustique. À chaque mode naturel correspond une fréquence de résonance et, en général, un groupe de directions de propagation d'ondes bien délimité.

niveau d'intensité acoustique (level) – (L) – ce niveau est égal à dix fois le logarithme du rapport d'une quantité proportionnelle de puissance ou d'énergie à une quantité de référence de même nature. La quantité est exprimée en décibels.

niveau de pression acoustique (sound pressure level – Lp) – pour un son aérien, dix fois le logarithme du rapport du carré de la pression acoustique considérée sur le carré de la pression standard de référence (20 μPa). La quantité ainsi obtenue est exprimée en décibels. Remarque: les pressions sont mises au carré parce que c'est la pression au carré et non la pression qui est proportionnelle à la puissance ou à l'énergie.

niveau de puissance acoustique (sound power level – Lw) – pour un son aérien,dix fois le logarithme décimal du rapport de la puissance acoustique considérée à la puissance standard de référence (1 pW). La quantité ainsi obtenue est exprimée en décibels.

niveau sonore pondéré A (A-Scale sound level – dB(A)) – échelle de mesure qui évalue approximativement la sensibilité auditive de l'oreille humaine aux niveaux sonores moyens, affaiblissant la réponse aux basses fréquences.

perte d'insertion (insertion loss – IL) – lorsqu'il s'agit d'un silencieux ou d'un autre élément insonorisant, dans une bande de fréquences donnée, la diminution du niveau puissance acoustique, mesurée au point de réception, lorsqu'un matériau insonorisant ou atténuateur est placé dans le trajet de transmission entre la source et l'auditeur.

perte de transmission acoustique – affaiblissement sonor – (sound transmission loss – STL) – en parlant d'une cloison, pour une bande donnée de fréquences, dix fois le logarithme décimal du rapport de la puissance du son aérien incident sur la cloison à la puissance acoustique transmise par la cloison et radiée de l'autre côté. La quantité ainsi obtenue est exprimée en décibels.

perte de transmission in situ (field transmission loss – FTL) – dans le cas d'une cloison installée dans un bâtiment, pour une bande de fréquences donnée, le rapport exprimé sur l'échelle des décibels de la puissance des sons aériens incidents sur la cloison à la puissance des sons transmis par la cloison et rayonnés de l'autre côté.

pièce réceptrice (receiving room) – lors de mesures acoustiques architecturales, la pièce dans laquelle les sons transmis par la source sont mesurés.

pression acoustique (sound pressure – p); Pa – pression fluctuante surperposée à la pression statique par la présence du son. Dans l'air, la pression statique est la pression atmosphérique.

puissance acoustique (sound power – W) – pour une bande de fréquences données, le taux auquel l'énergie acoustique est radiée d'une source. En général, le taux du flux d'énergie acoustique, que ce soit à partir de la source, à travers une surface ou dans un milieu absorbant.

réduction de niveau (level reduction – LR) – dans une bande de fréquences donnée, la diminution du niveau de pression acoustique, mesurée au point d'audition, lorsqu'un écran ou un autre élément insonorisant est placé entre la source et l'auditeur.

réduction du bruit (noise reduction – NR) – dans une bande de fréquences donnée, l'écart entre les niveaux de pression acoustique moyens, en fonction de l'espace et du temps, produits dans deux enceintes fermées par une ou plusieurs sources sonores placées dans l'une des pièces.

résistance spécifique à la circulation d'air (specific airflow resistance) – (r); le produit de la surface d'une éprouvette et de sa résistance à la circulation d'air. C'est l'équivalent du quotient de l'écart de pression d'air d'un côté à l'autre de l'éprouvette divisé par la vitesse linéaire de la circulation d'air traversant l'éprouvette mesurée à l'extérieur de l'éprouvette.

réverbération (reverberation) – la persistance d'un son dans une enceinte fermée ou partiellement fermée une fois que la source sonore s'est arrêtée; par extension, dans certaines circonstances, le son qui persiste ainsi.

sabin métrique (metric sabin) – (L2) – unité de mesure de l'absorption acoustique dans le système SI.

salle anéchoique (anechoic room) – salle dont les parois absorbent efficacement tout son ambiant incident dans la plage considérée de fréquences, créant ainsi un champ acoustique essentiellement libre.

salle réverbérante (live room) – salle caractérisée par une absorption acoustique inhabituellement faible.

salle réverbérante (reverberant room) – pièce conçue de façon que le champ acoustique réverbérant offre des conditions presque parfaites de champ acoustique diffus, tant en régime constant, pendant que la source émet, que pendant l'extinction une fois que la source a cessé d'émettre.

salle sourde, ou muette (dead room) – salle caractérisée par une quantité inhabituellement importante de matériaux absorbant les sons.

seuil d'audibilité (auditory threshold) – pour une fréquence donnée, le niveau de pression acoustique à laquelle les auditeurs normaux commencent à entendre.

son aérien (airborne sound) – son qui parvient à l'endroit analysé, tel le côté d'une cloison, en se propageant dans l'air.

sonie (loudness) – grandeur de la sensation du son ou force sonore, variant de faible à fort.

taux d'extinction (decay rate) – (d): dB/s – pour le son aérien, le taux de diminution du niveau de pression sonore une fois que la source de son s'est arrêtée d'émettre: pour les vibrations, le taux de décélération des vibrations et de diminution de la vitesse ou du niveau de déplacement une fois que l'excitation s'est arrêtée.

trajet de transmission latéral (flanking transmission) – transmission du son de la source au point de réception par un trajet autre que celui analysé.

5.2 AUTORITÉS COMPÉTENTES ET RÉGLEMENTATION APPLICABLE

La présente section constitue un sommaire des normes et lignes directrices pertinentes pour l'évaluation in situ de l'acoustique environnementale.

MESURES DU BRUIT AMBIANT

Instrumentation:

Méthodes pour la mesure des niveaux de pression acoustique:	ANSI S1.13
Spécifications relatives aux sonomètres:	ANSI S1.4
Fréquences et bandes recommandées pour les mesures acoustiques:	ANSI S1.6

LIGNE DIRECTRICE

ENVIRONNEMENT	NIVEAU TYPIQUE DU BRUIT DE FOND dB(A) réf.: 2×10^{-5} Pa.	
Professionnels/employés de bureau (sans machines)	35 dB(A)	Très silencieux
Professionels/employés de bureau (quelques machines)	40 dB(A)	Silencieux
Petit bureau de dessin	40 dB(A)	Silencieux
Employés de bureau (nombreuses machines)	45 dB(A)	Acceptable
Grand nombre d'employés de bureau (nombreuses machines)	50 dB(A)	Bruyant

Tableau 5.2.1 Critère applicable aux niveaux acoustiques des installations de bâtiments (inoccupés): Niveau typique du bruit de fond.

Référence: Digest de la construction au Canada numéro 139F, Conseil national de recherches.

Remarque: L'utilisation des valeurs globales en dB(A) n'est pas recommandée comme critère de rendement puisque ces valeurs ne disent rien de la composition spectrale du son.

MESURES DU BRUIT AMBIANT

LIGNE DIRECTRICE

PLAGE DE NC	APPLICATION
25 à 30	bureaux de direction, petites salles de conférence: communications jusqu'à 6 mètres sur un ton normal plus 5 dB; salle de conférence pour jusqu'à 50 personnes: communications sur un ton normal plus 10 dB.
30 à 35	petits bureaux privés ou semi-privés: communications jusqu'à 3 mètres sur un ton normal; salle de conférence pour 15 personnes: communications sur un ton normal plus 10 dB.
35 à 40	bureaux sans cloisons, salles de dessin: conversations à 1.8 mètres; utilisation de téléphones, bruit modéré d'équipement: communications sur un ton normal.
40 à 50	vestibules et corridors, salles de dactylographie, petit matériel de bureau: communications occasionnelles à 1 ou 2 mètres à voix normale plus 5 dB; salle de mécanographie: certaines communications à voix élevée à 1 ou 2 mètres.

Tableau 5.2.2 **Critères relatifs aux niveaux acoustiques des installations de bâtiments (inoccupés): Critères du bruit (Courbes NC).**

Référence: ASHRAE System Handbook, 1980, page 35 16 et les Digests de la construction au Canada numéros 41F et 51F du Conseil national de recherches.

MESURES DU BRUIT AMBIANT

LIGNE DIRECTRICE

VALEUR DE PNC	APPLICATION
moins de 35	grandes salles de réunion et de conférence pour 50 personnes dans lesquelles il y a amplification de la voix
30 à 40	bureaux privés ou semi-privés, petites salles de conférence, bibliothèques
35 à 45	bureaux sans cloisons et zones d'accueil
45 à 55	salles d'ordinateurs et de mécanographie
40 à 50	vestibules et corridors

Tableau 5.2.3 **Critères relatifs aux niveaux acoustiques des installations de bâtiments (inoccupés): Critères privilégiés du bruit (Courbes PNC).**

Référence: Beranek, L.L., Noise and Vibration Control, 1971

MESURES DU BRUIT AMBIANT

LIGNE DIRECTRICE

VALEUR DE RC	APPLICATION
25 à 30	bureaux de direction, salles de conférence
30 à 35	bureaux privés
35 à 40	bureaux à aire ouverte
40 à 45	salles d'ordinateurs et de mécanographie et zones de circulation publiques

Tableau 5.2.4 Critères relatifs aux niveaux acoustiques des installations de bâtiments (inoccupés): Critères de pièces (Courbes NC).

Référence: ASHRAE Systems Handbook, 1980, page 35.16.

PROPAGATION DU SON

Instrumentation

Méthodes de mesure des niveaux de pression acoustique: ANSI S1.13
Spécifications relatives aux sonomètres: ANSI S1.4
Fréquences et bandes recommandées pour les mesures acoustiques: ANSI S1.6

Calculs:

Calcul de l'indice d'articulation: ANSI S3.5.

Critères relatifs à la propagation du son dans des bureaux sans cloisons:

Bâtiment de base non meublé: l'atténuation devrait être d'au moins 4 dB par doublement de la distance de la source.

Bâtiment meublé: l'atténuation devrait être d'au moins 5 dB par doublement de la distance de la source.

Référence: Analyses de cas menées par la Division du rendement des immeubles.

TEMPS DE RÉVERBÉRATION

Unité de mesure: Secondes
RÈGLE EMPIRIQUE

Critères relatifs à la réverbération dans des bureaux avec ou sans cloisons:

Le temps de réverbération pour les bureaux avec ou sans cloisons ne devrait pas dépasser 0.6 seconde. Le temps de réverbération doit être le plus court possible.

Référence: Analyses de cas menées par la Division du rendement des immeubles.

RENDEMENT DES CLOISONS

Unité de mesure: Indice de transmission du son (ITS)

Instrumentation et évaluation:

Méthodes de mesure des niveaux de pression acoustique: ANSI S1.13
Spécifications relatives aux sonomètres: ANSI S1.4
Fréquences et bandes recommandées pour les mesures acoustiques: ANSI S1.6
Mesure de l'insonorisation des bâtiments contre les sons aériens: ASTM E336

Critères de rendement des cloisons
Ligne directrice

Lorsque la cloison n'est construite qu'à la sous-face du faux plafond, l'utilisation d'une cloison de haute qualité n'augmente pas de beaucoup l'insonorisation.

Une cloison ayant un ITS de 45 assure généralement le caractère privé des conversations si elle est construite d'une dalle à l'autre et que tous les points de pénétrations sont obturés.

Une cloison ayant un ITS de 52 assure généralement l'intimité si sa construction est continue d'une dalle à l'autre et que tous les points de pénétrations sont obturés.

Pour les cloisons dont l'ITS est supérieur à 40, il est recommandé que le faux-plafond se termine à la cloison et que cette dernière soit continue d'une dalle à l'autre.

Référence: Analyses de cas menées par la Division du rendement des immeubles.

PERTE D'AUDITION DUE AU BRUIT

Instrumentation:

Méthodes de mesure des niveaux de pression acoustique: ANSI S1.13
Spécifications relatives aux sonomètres: ANSI S1.4
Fréquences et bandes recommandées pour les mesures acoustiques: ANSI S1.6

VALEURS RÉGLEMENTAIRES

Niveau de pression acoustique, en dB(A) Réf.: 2 x 10^{-5} pascal Réponse lente	Nombre maximum d'heures d'exposition par employé par jour
plus de 87 mais moins de 90	8
plus de 90 mais moins de 95	4
plus de 95 mais moins de 100	2
plus de 100 mais moins de 105	1
plus de 105 mais moins de 110	0.5
plus de 110 mais moins de 115	0.25
plus de 115	0

Tableau 5.2.5 Critères relatifs à la prévention des pertes d'audition dues au bruit.

Référence: Code canadien du travail. Règlement du Canada sur l'hygiène et la sécurité au travail, partie VII, Niveaux acoustiques, Imprimeur de la Reine pour le Canada, Ottawa, 1986.

5.3 LISTE DE DOCUMENTS ÉVALUANT LE RENDEMENT DES IMMEUBLES

Dans cette série, les documents sont subdivisés en quatre classes différentes. Les documents de classe A donnent des explications à savoir comment utiliser les documents des trois autres classes. La classe B est un répertoire d'essais lequel inclut un index et des références. Les documents de classe C donne un compte rendu des trois domaines d'évaluation et résume les documents de classe D dans leur domaine respectif. Les documents de classe D contiennent une description des attributs du rendement des immeubles et donnent les méthodes pour les évaluer.

	A1	Guide du directeur de projet
	A2	Guide du gérant d'immeuble
	B1	Répertoire d'essais
Relevé	C1	Rendement énergétique et environnemental
	C2	Rendement fonctionnel
	C3	Rendement des systèmes et du matériel
Rendement énergétique et environnemental	D01	Évaluation des polluants
	D02	Migration de la pollution
	D03	Évaluation de l'ambiance thermique
	D04	Évaluation globale: rendement énergétique
	D05	Évaluation des secteurs de consommation: rendement énergétique
	D06	Évaluation des installations et systèmes: rendement énergétique
	D07	Évaluation des améliorations: rendement énergétique
	D08	Évaluation de l'environnement acoustique
	D09	Évaluation de la circulation d'air
	D10	Évaluation de l'éclairage
	D11	Relevé des données atmosphériques
Rendement fonctionnel	D20	Analyse des documents et archives
	D21	Annotation des plans
	D22	Entrevues centrées
	D23	Questionnaires
	D24	Observations
Rendement des systèmes et du matériel	D30	Murs et colonnes structuraux: relevé de la condition
	D31	Dalles et toîts structuraux: relevé de la condition
	D32	Garages de stationnement: relevé de la condition
	D33	Évaluation des installations mécaniques
	D34	Évaluation des contrôles mécaniques
	D35	Évaluation des systèmes électriques
	D36	Contrôle de la pression et de l'étanchéité à l'air
	D37	Mesure de la vitesse d'échange d'air extérieur
	D38	Inspections par thermographie de l'enceinte d'un immeuble
	D39	Mesure de la résistance thermique
	D40	Inspections de la teneur en humidité
	D41	Évaluation des systemes de couvertures